



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y**

**URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON  
ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO  
SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA  
RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY,  
TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO,  
LAMBAYEQUE”**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**Autor(es):**

**Bach. Alvítez Vásquez, Flavio César**

**<https://orcid.org/0000-0002-5410-9752>**

**Bach. Vela Llanos, Jerónimo Melquisedec**

**<https://orcid.org/0000-0002-2592-2453>**

**Asesor:**

**Mg. Muñoz Pérez, Sócrates Pedro**

**<https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2021**

**“DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS  
PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS),  
PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO  
CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO,  
LAMBAYEQUE”**

**Aprobado por:**

---

**Dr. Coronado Zuloeta, Omar  
Presidente del Jurado de Tesis**

---

**Mg. Idrogo Pérez, César Antonio  
Secretario del Jurado de Tesis**

---

**Mg. Marín Bardales, Noé Humberto  
Vocal del Jurado de Tesis**

## **DEDICATORIA**

Dedico la tesis a Dios, a mis familiares y en especial a mi padre que me guía desde el cielo, Omer Aurelio, quien fue y es mi inspiración para seguir adelante y no rendirme, a los docentes de la universidad quienes nos formaron y aportaron sus conocimientos para poder llegar a esta etapa de la carrera y de igual manera a todos los que nos prestaron ayuda de una u otra manera con sus ideas en el desarrollo de la presente investigación que realicé con mi compañero (Jerónimo Melquisedec Vela Llanos), quien demostró interés y esfuerzo en cada obstáculo que se presentó.

Flavio César

Dedico la tesis a mi familia por el apoyo brindado, tanto en lo económico, moral y por no dejar de creer en mí, inculcándome valores, para ser perseverante y no rendirme nunca, a los educadores de la escuela profesional de Ingeniería Civil, por aportar sus conocimientos y a todas los que nos apoyaron para lograr llegar a cumplir la investigación desarrollada junto con mi compañero (Flavio César Alvítez Vásquez), apoyándonos mutuamente para lograr culminar nuestra investigación.

Jerónimo Melquisedec

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ing. Guillermo Gustavo Arriola Carrasco, por apoyarnos ante las dudas desde el comienzo y transcurso de la investigación.

Al Téc. Wilson Olaya Aguilar, por aportar sus conocimientos en la realización de los ensayos y absolviendo algunos inconvenientes presentados.

Al Mg. Sócrates Pedro Muñoz Pérez, por ayudarnos y motivarnos con su experiencia y conocimientos para poder finalizar con éxito la investigación.

A la asesora metodológica, Mg. Ana María Guerrero Millones, por darnos las pautas necesarias para la correcta presentación de la investigación.

A la Universidad Señor de Sipán por brindarnos el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos, siendo de gran importancia para la realización de los ensayos.

Los autores

## RESUMEN

La presente investigación, tiene como objetivo, el diseño hidráulico y estructural, con elementos prefabricados de concreto simple (Tetrápodos), para la defensa ribereña en las márgenes del río Chancay, tramo puente Eten-Monsefú, Chiclayo-Lambayeque. Con la utilización de estos elementos prefabricados, se pretende dar solución al desprendimiento del enrocado de la defensa ribereña actual, ya que estos resisten los golpes de una ola de mar, por lo que en su diseño original son elaborados en la ingeniería costera, en los “rompeolas”; debido a que tienen un mejor acople entre ellos, se hará el nuevo diseño de diques a considerar, dando una mejor opción contra los ataques de los flujos, para así evitar el deterioro de las estructuras y que se generen desbordamientos por las fuertes precipitaciones que ocurren en la cuenca Chancay-Lambayeque.

Con el estudio topográfico se determinó el estado actual de los diques de la defensa ribereña y el ancho del cauce, luego se evaluó hidráulicamente con ayuda del software Hec-Ras, considerando los diferentes caudales de diseño para cada periodo de retorno, como resultado del estudio hidrológico, donde se verificó que existe desbordamiento en el tramo estudiado, a consecuencia de esto se optó por analizar con otros parámetros geométricos y así evitar el desbordamiento.

Finalmente, con el conjunto de datos recolectados y el estudio de mecánica de suelos, se realizó el diseño de la estabilidad de talud con el software Slope/W, para la defensa ribereña con elementos prefabricados.

**Palabras Claves:** Concreto simple, tetrápodos, ingeniería costera, rompeolas, desbordamiento, Hec-Ras, talud, Slope/w.

## ABSTRACT

The present investigation, has as objective, the hydraulic and structural design, with simple concrete prefabricated elements (Tetrapods), for the riparian defense in the margins of the Chancay River, section Eten-Monsefú bridge, Chiclayo-Lambayeque. With the use of these prefabricated elements, it is intended to provide a solution to the detachment of the current river defence casing, as these resist the blows of a sea wave, so in their original design they are made in coastal engineering, in the "breakwaters"; Due to the fact that they have a better coupling between them, the new design of dikes to be considered will be made, giving a better option against the attacks of the flows, thus avoiding the deterioration of the structures and the generation of overflows due to the strong rainfalls that occur in the Chancay-Lambayeque basin.

With the topographic study, the current state of the dikes of the riparian defense and the width of the riverbed were determined, then it was hydraulically evaluated with the help of the Hec-Ras software, considering the different design flows for each return period, as a result of the hydrological study, where it was verified that there is overflow in the studied section, as a consequence of this it was decided to analyze with other geometric parameters and thus avoid the overflow.

Finally, with the data collected and the study of soil mechanics, the design of slope stability was carried out with the Slope/W software, for riparian defence with prefabricated elements.

**Keywords:** Simple concrete, tetrapods, coastal engineering, breakwater, overflow, Hec-Ras, slope, Slope/w.

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>22</b>
1.1. Realidad Problemática .....	23
1.1.1. A nivel internacional.....	23
1.1.2. A nivel nacional.....	23
1.1.3. A nivel local .....	24
1.2. Antecedentes de estudio.....	30
1.2.1. A nivel internacional.....	30
1.2.2. A nivel nacional.....	31
1.2.3. A nivel local .....	33
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	33
1.3.1. Variable independiente .....	33
1.3.1.1. Coraza .....	34
A. Fórmulas para el cálculo de peso de elemento prefabricado.....	34
B. Diámetro nominal elementos coraza.....	36
C. Elementos de la coraza por área .....	37
1.3.1.2. Revestimiento .....	37
A. Elementos de concretos prefabricados.....	37
A.1. Tetrápodos .....	38
A.1.1. Colocación de tetrápodos.....	42
1.3.2. Variable dependiente .....	43
1.3.2.1. Defensa ribereña .....	43
A. Obras longitudinales .....	43
B. Estructura gruesa .....	43
C. Estructura delgada.....	43
D. Obras deflectoras .....	44
1.3.2.2. Ancho estable del río.....	45
A. Método Petits.....	45
B. Método Simons y Henderson .....	45

C.	Método de Blench.....	46
D.	Método de Altunin .....	47
E.	Recomendación práctica .....	48
1.3.2.3.	Socavación.....	48
A.	Profundidad de Socavación.....	49
a)	Causas de socavación en cauces de ríos.....	49
b)	Clases se Socavación .....	49
c)	Socavación General.....	49
1.3.2.4.	Erosión de Suelos.....	51
A.	Erosión hídrica.....	51
B.	Erosión fluvial .....	53
1.3.2.5.	Control de erosión en taludes y obras de ingeniería .....	56
A.	Diseño de taludes .....	56
B.	Pendiente del talud.....	56
C.	Taludes de pendiente combinada.....	59
D.	Bermas intermedias.....	60
E.	Bermas para manejo de aguas de escorrentía y control de erosión.....	60
F.	Bermas para aumentar el factor de seguridad contra deslizamiento.....	61
G.	Criterios generales para el diseño de bermas y pendientes .....	61
a)	Formación geológica.....	62
b)	Meteorización .....	62
c)	Microestructuras y estructuras geológicas.....	62
d)	Minerales de arcillas .....	63
e)	Niveles freáticos y comportamiento hidrológico.....	63
f)	Sismicidad .....	63
g)	Factores antrópicos .....	63
h)	Elementos en riesgos.....	63



H.	Soluciones a problemas específicos de estabilidad .....	63
a)	Cambios bruscos de litología.....	63
b)	Presencia de estructuras heredadas .....	63
c)	Presencia de niveles freáticos.....	63
d)	Taludes de gran altura .....	64
I.	Gradas para establecimiento de vegetación .....	64
J.	Taludes en terraplenes.....	64
1.3.2.6.	Diseño del Filtro .....	66
1.3.2.7.	Fondo de cimentación .....	67
1.3.2.8.	Profundidad de uña .....	67
1.3.3.	Normativa.....	67
1.3.3.1.	Técnica .....	67
1.3.3.2.	Ambiental .....	67
1.3.3.3.	Seguridad y salud ocupacional .....	67
1.3.3.4.	Legal.....	68
1.3.4.	Gestión ambiental .....	69
1.3.5.	Gestión de seguridad y salud ocupacional .....	70
1.3.6.	Gestión de Riesgos y Prevención de desastres .....	70
1.3.7.	Gestión de Mantenimiento .....	70
1.3.8.	Estimación de costos.....	72
1.3.9.	Estado de Arte .....	72
1.3.10.	Definición de términos.....	73
1.3.11.	Ciencias aportantes a la investigación .....	74
1.4.	Formulación del Problema .....	74
1.5.	Justificación e importancia del estudio .....	74
1.6.	Hipótesis.....	75
1.7.	Objetivos .....	75
1.7.1.	Objetivo general .....	75
1.7.2.	Objetivos específicos .....	75

<b>II. MATERIAL Y MÉTODO .....</b>	<b>76</b>
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	76
2.1.1. Tipo de investigación.....	76
2.1.2. Diseño de investigación.....	76
2.2. Población y Muestra .....	76
2.2.1. Población.....	76
2.2.2. Muestra.....	76
2.3. Variables y Operacionalización.....	76
2.3.1. Variables .....	76
2.3.1.1. Independiente.....	76
2.3.1.2. Dependiente .....	77
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. ....	81
2.4.1. Técnicas .....	81
2.4.2. Instrumentos de recolección de datos .....	81
2.4.2.1. Guías de Observación .....	81
2.4.2.2. Guía de análisis documental.....	81
2.5. Procedimiento de Análisis de Datos .....	83
2.5.2. Diagrama de Procesos.....	83
2.5.3. Descripción de procesos.....	84
A. Realizar los estudios de Topografía, mecánica de suelos.....	84
A.1. Levantamiento Topográfico .....	84
A.2. Estudio de mecánica de suelos .....	84
A.2.1. Ensayo de contenido de humedad (NTP 339.127).....	85
A.2.2. Ensayo de análisis granulométrico (NTP 339.128).....	85
A.2.3. Ensayo de gravedad específica (NTP 339.131).....	88
A.2.4. Ensayo de próctor modificado (NTP 339.141).....	90
A.2.5. Ensayo de corte directo (NTP 339.171) .....	93
B. Realizar los estudios de Hidrología e Hidráulica .....	95
B.1. Estudio hidrológico .....	95

B.2. Estudio hidráulico .....	95
C. Verificar la estabilidad de los taludes mediante software.....	95
C.1. Verificación de taludes aplicando software (Slope/W).....	95
C.2. Flujo del Agua (Hec-ras) .....	95
D. Determinar los componentes estructurales de la defensa ribereña .....	95
2.6. Criterios Éticos .....	96
2.6.1. Ética de la recolección de datos.....	96
2.6.2. Ética de la publicación .....	96
2.6.3. Ética de la aplicación .....	96
2.7. Criterios de Rigor Científico .....	97
2.7.1. Criterios Generales .....	97
2.7.2. Criterios de Confiabilidad.....	97
2.7.3. Criterios de Credibilidad.....	97
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>97</b>
3.1. Resultados en Tablas y Figuras .....	97
3.1.1. Levantamiento Topográfico .....	97
3.1.1.1. Reconocimiento del terreno.....	97
3.1.1.2. Ejecución del levantamiento topográfico .....	97
3.1.2. Estudio de Mecánica de Suelos .....	99
3.1.2.1. Contenido de humedad.....	99
3.1.2.2. Peso específico relativo de las partículas sólidas Gs .....	101
3.1.2.3. Análisis granulométrico por tamizado .....	103
3.1.2.4. Límite Líquido y Plástico .....	106
3.1.2.5. Compactación (Próctor Modificado) .....	107
3.1.2.6. Corte directo .....	110
3.1.3. Estudio Hidrológico.....	113
3.1.3.1. Parámetros de forma de la cuenca.....	113
3.1.3.2. Parámetros de relieve de la cuenca .....	114
3.1.3.3. Estudio Hidrométrico.....	115
3.1.3.3.1. Análisis De Máximas Descargas .....	116

3.1.3.3.2.	Pruebas de bondad de ajuste.....	116
3.1.3.3.3.	Selección del periodo de retorno. ....	117
3.1.3.3.4.	Determinación del caudal por los diferentes métodos estadísticos 118	
3.1.3.3.5.	Determinación del caudal con el software hidroesta 2.....	119
3.1.3.4.	Estudio Pluviométrico .....	121
3.1.4.	Estudio Hidráulico .....	126
3.1.4.1.	Ancho estable del río.....	126
3.1.4.2.	Socavación.....	127
3.1.4.3.	Modelación hidráulica con uso del software Hec-Ras 5.0.7 de la zona de investigación .....	127
3.1.5.	Componentes Estructurales de la defensa ribereña.....	140
3.1.5.1.	Ancho de corona .....	140
3.1.5.2.	Altura Del Dique.....	141
3.1.5.3.	Taludes de relleno con afirmado.....	141
3.1.5.4.	Profundidad de uña .....	142
3.1.5.5.	Ancho de la base de uña .....	142
3.1.5.6.	Ancho de corona .....	142
3.1.5.7.	Filtro.....	142
3.1.6.	Diseño hidráulico del elemento prefabricado (Tetrápodo) .....	143
3.1.6.1.	Diseño estructural de Tetrápodos.....	144
3.1.6.1.1.	Cantidad de Tetrápodos .....	144
3.1.6.1.2.	Material para Tetrápodos .....	145
3.1.7.	Estabilidad de Taludes .....	147
3.1.7.1.	Estabilidad con el uso de material de cantera “La Victoria” .....	147
3.1.7.2.	Estabilidad con el uso de material de cantera “Tres Tomas” .....	148
3.2.	Discusión de Resultados.....	150
3.2.1.	Realización del levantamiento topográfico en la zona de investigación.....	150
3.2.2.	Realización de los ensayos de mecánica de suelos.....	150

3.2.3.	Realización de los estudios de hidrología .....	150
3.2.4.	Realización de los estudios hidráulicos .....	151
3.2.5.	Determinación de los componentes estructurales de la defensa ribereña ....	151
3.2.6.	Realización de la estabilidad de los taludes mediante software.....	152
3.3.	Aporte Práctico .....	152
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>153</b>
4.1.	Conclusiones.....	153
4.1.1.	Realización del levantamiento topográfico .....	153
4.1.2.	Realización del estudio de mecánica de suelos .....	153
4.1.3.	Realización de los estudios de Hidrología e Hidráulica .....	153
4.1.4.	Verificación de la estabilidad de taludes.....	154
4.1.5.	Determinación de los componentes estructurales de la defensa ribereña ....	154
4.2.	Recomendaciones .....	154
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>156</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>160</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla n° 1:</b> Recomendación práctica del ancho estable en función del caudal .....	48
<b>Tabla n° 2:</b> Proceso de erosión hídrica y su contribución a la inestabilidad. ....	54
<b>Tabla n° 3:</b> Pendientes típicas para taludes en cortes de carreteras (Adaptada de Japan Road Association, 1984).” .....	58
<b>Tabla n° 4:</b> Pendientes típicas para taludes en relleno .....	65
<b>Tabla n° 5:</b> Cuadro de Operacionalización de Variables Independientes .....	79
<b>Tabla n° 6:</b> Cuadro de Operacionalización de Variables Dependientes .....	80
<b>Tabla n° 7:</b> Cuadro de Guías de ensayos.....	82
<b>Tabla n° 8:</b> Diagrama de procesos de la investigación .....	83
<b>Tabla n° 9:</b> Diagrama de procesos de la investigación .....	84
<b>Tabla n° 10:</b> Corrección por Temperatura .....	90
<b>Tabla n° 11:</b> Métodos Proctor Modificado.....	91
<b>Tabla n° 12:</b> Contenido de Humedad – Cantera la Victoria.....	101
<b>Tabla n° 13:</b> Contenido de Humedad – Cantera 3 Tomas.....	101
<b>Tabla n° 14:</b> Peso específico relativo de las partículas sólidas Gs .....	102
<b>Tabla n° 15:</b> Peso específico relativo de las partículas sólidas Gs .....	102
<b>Tabla n° 16:</b> Resumen de análisis granulométrico por tamizado - Cantera La Victoria...	104
<b>Tabla n° 17:</b> Resumen de análisis granulométrico por tamizado - Cantera 3 Tomas.....	105
<b>Tabla n° 18:</b> Datos de las muestras Cantera La Victoria .....	106
<b>Tabla n° 19:</b> Límites e Índice de plasticidad .....	107
<b>Tabla n° 20:</b> Resultados del ensayo próctor modificado.....	109
<b>Tabla n° 21:</b> Resultados del ensayo Corte Directo .....	111
<b>Tabla n° 22:</b> Parámetros de forma de la cuenca del río Chancay .....	113
<b>Tabla n° 23:</b> Áreas parciales y acumuladas – Curva Hipsométrica.....	114
<b>Tabla n° 24:</b> Caudales máximos estación Racarumi.....	116
<b>Tabla n° 25:</b> Valores de $\Delta$ máximo según Weibull, Hazen, California, Tukey y Blom ...	117
<b>Tabla n° 26:</b> Caudales de diseño por los diferentes métodos estadísticos .....	118
<b>Tabla n° 27:</b> Caudales de diseño por las diferentes distribuciones estadísticas .....	120
<b>Tabla n° 28:</b> Datos pluviométricos de las estaciones cercanas a la cuenca del Río Chancay. ....	121
<b>Tabla n° 29:</b> Precipitaciones máximas de las estaciones de la cuenca del río Chancay ...	123
<b>Tabla n° 30:</b> Precipitaciones máximas de las estaciones de la cuenca del río Chancay ...	124

<b>Tabla n° 31:</b> Caudal máximo.....	126
<b>Tabla n° 32:</b> Ancho Estable de la Sección del Río en la Zona de Estudio.....	127
<b>Tabla n° 33:</b> Profundidad de socavación general del cauce.....	127
<b>Tabla n° 34:</b> Resumen de parámetros hidráulicos.....	132
<b>Tabla n° 35:</b> Tirante mínimo y máximo del tramo km 0+000 a km 1+000. ....	133
<b>Tabla n° 36:</b> Secciones de desbordamiento de caudal – prog. km 0+000 a km 1+000. ...	133
<b>Tabla n° 37:</b> Resumen de parámetros hidráulicos.....	138
<b>Tabla n° 38:</b> Tirante mínimo y máximo del tramo km 0+000 a km 1+000. ....	139
<b>Tabla n° 39:</b> Secciones de desbordamiento de caudal – prog. km 0+000 a km 1+000. ...	139
<b>Tabla n° 40:</b> Ancho de corona.....	141
<b>Tabla n° 41:</b> Borde Libre.....	141
<b>Tabla n° 42:</b> Taludes de relleno de afirmado.....	142
<b>Tabla n° 43:</b> Ancho de corona en función del ancho mismo y profundidad de uña.....	142
<b>Tabla n° 44:</b> Uso de filtro en la estructura.....	142
<b>Tabla n° 45:</b> Número de Tetrápodos para una margen.....	144
<b>Tabla n° 46:</b> Cantidad de material para 1 m <sup>3</sup> de un f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	145
<b>Tabla n° 47:</b> Proporciones en peso y en volumen para un f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	145
<b>Tabla n° 48:</b> Factores de seguridad del talud – Análisis Estático.....	148
<b>Tabla n° 49:</b> Factores de seguridad del talud – Análisis Pseudo - Estático.....	148
<b>Tabla n° 50:</b> Factores de seguridad del talud – Análisis Estático.....	149
<b>Tabla n° 51:</b> Factores de seguridad del talud – Análisis Pseudo - Estático.....	149

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura n° 1:</b> Desastres ocasionados por el desborde del río Chancay, Eten .....	26
<b>Figura n° 2:</b> Calles de Eten después del fenómeno del niño .....	26
<b>Figura n° 3:</b> Trabajos de reparación de la defensa con enrocado, margen izquierdo, aguas arriba del puente Eten-Monsefú, año 2018. ....	27
<b>Figura n° 4:</b> Trabajos de reparación de la defensa con enrocado, año 2018, aguas arriba del puente Eten-Monsefú, después del fenómeno del niño del 2017.....	27
<b>Figura n° 5:</b> Zona de Investigación (Puente Eten-Monsefú).....	28
<b>Figura n° 6:</b> Zona de protección ante la corriente del río Chancay .....	28
<b>Figura n° 7:</b> Margen izquierda, aguas arriba del puente Eten-Monsefú, afectada por el fenómeno del niño y colmatación de vegetación, año 2018.....	29
<b>Figura n° 8:</b> Socavación general del río y sedimentación aguas arriba y aguas abajo del puente Eten-Monsefú, año 2019.....	29
<b>Figura n° 9:</b> Distintos tipos de elementos prefabricados .....	38
<b>Figura n° 10:</b> Vistas y parámetros geométricos del elemento prefabricado (Tetrápodo) ...	40
<b>Figura n° 11:</b> Forma de disposición de las capas de tetrápodos .....	42
<b>Figura n° 12:</b> Obra longitudinal (Estructura gruesa) .....	43
<b>Figura n° 13:</b> Obra longitudinal (Estructura delgada) .....	44
<b>Figura n° 14:</b> Obra deflectora (Espigón).....	44
<b>Figura n° 15:</b> Obra deflectora (Perfil del Espigón) .....	45
<b>Figura n° 16:</b> Sección transversal de un cauce afectado por socavación.....	48
<b>Figura n° 17:</b> Relación entre el diámetro de las partículas y la velocidad de erosión y sedimentación .....	56
<b>Figura n° 18:</b> Fallas y estabilización en suelos residuales .....	57
<b>Figura n° 19:</b> Taludes estables e inestables en roca de acuerdo a la velocidad de onda elástica (Japan Road Association, 1984).”.....	59
<b>Figura n° 20:</b> Pendientes variables de taludes en suelos residuales .....	60
<b>Figura n° 21:</b> Modos de falla en taludes de roca fracturadas .....	62
<b>Figura n° 22:</b> Diagramas de manejo de rellenos .....	64
<b>Figura n° 23:</b> Protección de la superficie de un talud en corte.....	66
<b>Figura n° 24:</b> Modelamiento Hidráulico de un río con el Software Hec-Ras .....	73
<b>Figura n° 25:</b> Sección transversal de defensa ribereña .....	96
<b>Figura n° 26:</b> Ubicación de B.M. inicial.....	98



<b>Figura n° 27:</b> Vista panorámica de trabajo topográfico en dique norte .....	98
<b>Figura n° 28:</b> Topografía del área de estudio, río Chancay tramo puente Eten-Monsefú. Adaptado del CivilCAD .....	99
<b>Figura n° 29:</b> Muestras de suelo de las canteras La Victoria y Tres Tomas respectivamente. .....	100
<b>Figura n° 30:</b> Colocado de las muestras al horno, para hallar contenido de humedad. ....	100
<b>Figura n° 31:</b> Colocado de la muestra a la fiola y medida de la temperatura.....	102
<b>Figura n° 32:</b> Tamizado del material de cantera.....	103
<b>Figura n° 33:</b> Curva granulométrica - Cantera La Victoria .....	104
<b>Figura n° 34:</b> Curva granulométrica - Cantera 3 Tomas.....	105
<b>Figura n° 35:</b> Ranuración de la muestra dentro de la copa Casagrande, para limite líquido. .....	106
<b>Figura n° 36:</b> Curva de fluidez y resultados de Cantera La Victoria .....	106
<b>Figura n° 37:</b> Tamizado de la muestra para hallar el método de compactación a usar.....	107
<b>Figura n° 38:</b> Incorporación de agua a la muestra a compactar .....	108
<b>Figura n° 39:</b> Compactado de muestra (5 capas) de cantera La Victoria con el método C. .....	108
<b>Figura n° 40:</b> Gráfica del ensayo de Próctor de la cantera la Victoria .....	109
<b>Figura n° 41:</b> Gráfica del ensayo de Próctor de la cantera de 3 Tomas .....	109
<b>Figura n° 42:</b> Compactado de muestra (3 capas) dentro del molde de sección circular ...	110
<b>Figura n° 43:</b> Toma de datos del ensayo, para una determinada carga aplicada.....	110
<b>Figura n° 44:</b> Gráfica de Curva de Resistencia ensayo Corte Directo, cantera La Victoria. .....	111
<b>Figura n° 45:</b> Gráfica Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal ensayo Corte Directo, cantera La Victoria.....	111
<b>Figura n° 46:</b> Gráfica de Curva de Resistencia ensayo Corte Directo, cantera Tres Tomas. .....	112
<b>Figura n° 47:</b> Gráfica Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal ensayo Corte Directo, cantera Tres Tomas .....	112
<b>Figura n° 48:</b> Delimitación de la Cuenca del Río Chancay .....	113
<b>Figura n° 49:</b> Curva Hipsométrica de la cuenca del río Chancay .....	114
<b>Figura n° 50:</b> Polígono de frecuencias.....	115
<b>Figura n° 51:</b> Pruebas de bondad de ajuste Kolmogorov Smirnov .....	117

<b>Figura n° 52:</b> Caudales de diseño por los métodos estadísticos.....	119
<b>Figura n° 53:</b> Caudales de diseño por las diferentes distribuciones estadísticas con el programa Hidroesta 2.....	120
<b>Figura n° 54:</b> Estaciones pluviométricas de la cuenca del río Chancay .....	123
<b>Figura n° 55:</b> Resultado del hidrograma de diseño para un Tr=150 años.....	124
<b>Figura n° 56:</b> Caudal máximo para un Tr=150 años, según datos pluviométricos.....	126
<b>Figura n° 57:</b> Geometría exportada de las secciones transversales del río Chancay, tramo puente Eten – Monsefú.....	128
<b>Figura n° 58:</b> Rugosidades en las paredes y base del canal natural .....	128
<b>Figura n° 59:</b> Colocación de las características geométricas del puente Eten – Monsefú. ....	129
<b>Figura n° 60:</b> Perfil del río Chancay, tramo puente Eten Monsefú (Tr = 150 años) .....	129
<b>Figura n° 61:</b> Vista tridimensional en software Hec – Ras 5.0, del río Chancay, tramo puente Eten – Monsefú.....	130
<b>Figura n° 62:</b> Gráfica Velocidad vs Progresiva.....	130
<b>Figura n° 63:</b> Sección transversal de mayor ancho y altura del tramo aguas abajo Km 1+000.00.....	133
<b>Figura n° 64:</b> Inundación de la zona actual del proyecto.....	134
<b>Figura n° 65:</b> Vista tridimensional en software Hec – Ras 5.0, del río Chancay, tramo puente Eten – Monsefú.....	135
<b>Figura n° 66:</b> Colocación de las características geométricas del puente Eten – Monsefú. ....	135
<b>Figura n° 67:</b> Perfil del río Chancay, tramo puente Eten Monsefú (Tr = 150 años) .....	136
<b>Figura n° 68:</b> Gráfica Velocidad vs Progresiva.....	136
<b>Figura n° 69:</b> Sección transversal de mayor ancho y altura del tramo aguas abajo Km 1+000.00.....	139
<b>Figura n° 70:</b> Diques proyectados (No hay desbordamiento).....	140
<b>Figura n° 71:</b> Geometría del tetrápodo .....	144
<b>Figura n° 72:</b> Diseño de mezcla de concreto para una resistencia $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .....	145
<b>Figura n° 73:</b> Chuzoneo de concreto por capas.....	146
<b>Figura n° 74:</b> Sección transversal de la Defensa Ribereña con Tetrápodos.....	146
<b>Figura n° 75:</b> Según método “Morgenstein Price” el FS = 1.774 .....	147
<b>Figura n° 76:</b> Según método “Morgenstein Price” el FS = 1.704 .....	147

<b>Figura n° 77:</b> Según método “Morgenstern-Price” el FS = 1.879 .....	148
<b>Figura n° 78:</b> Según método “Morgenstern-Price” el FS = 1.607 .....	149

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación n° 1: Fórmula de Castro .....	34
Ecuación n° 2: Fórmula de Iribarren.....	34
Ecuación n° 3: Fórmula de Iribarren modificada.....	34
Ecuación n° 4: Fórmula de Mathews .....	34
Ecuación n° 5: Fórmula de Tyrrel.....	34
Ecuación n° 6: Fórmula de Rodolf.....	34
Ecuación n° 7: Fórmula de Hudson .....	35
Ecuación n° 8: Fórmula de Larras .....	35
Ecuación n° 9: Fórmula de Hedar.....	35
Ecuación n° 10: Fórmula de Svee.....	35
Ecuación n° 11: Fórmula de Hedar modificada.....	35
Ecuación n° 12: Fórmula de SN-92-60.....	35
Ecuación n° 13: Fórmula de Ryhtchvsky.....	35
Ecuación n° 14: Fórmula de Metelicyna .....	35
Ecuación n° 15: Fórmula de Goldschtein & Kononenko .....	36
Ecuación n° 16 Fórmula de Beaudevi.....	36
Ecuación n° 17: Diámetro nominal.....	36
Ecuación n° 18: Fórmula del número l de unidades requeridas por l unidad l de l área .....	37
Ecuación n° 19: Volumen de elemento prefabricado.....	41
Ecuación n° 20: Altura de elemento prefabricado .....	41
Ecuación n° 21: Ancho estable según Petits.....	45
Ecuación n° 22: Ancho estable según Simons y Henderson .....	45
Ecuación n° 23: Ancho estable según Blench .....	46
Ecuación n° 24: Ancho estable según Altunin. ....	47
Ecuación n° 25: Altura de socavación en suelos granulares Según Lischvan-Levediev ....	50
Ecuación n° 26: Altura de socavación en suelos cohesivos Según Lischvan-Levediev .....	50
Ecuación n° 27: Parámetro de altura de socavación. ....	50
Ecuación n° 28: Erosión por lluvia .....	52
Ecuación n° 29: Promedio de pérdidas de suelo .....	52
Ecuación n° 30: Velocidad de una corriente fluvial.....	55
Ecuación n° 31: Radio hidráulico .....	55
Ecuación n° 32: Ecuación despejada de la velocidad de una corriente fluvial.....	55

Ecuación n° 33: Diseño de Filtro.....	66
Ecuación n° 34: Condición de Filtro.....	66
Ecuación n° 35: Condición de Filtro.....	67
Ecuación n° 36: Porcentaje de humedad.....	85
Ecuación n° 37: Porcentajes de material retenido .....	86
Ecuación n° 38: Porcentajes que pasa.....	87
Ecuación n° 39: Coeficiente de uniformidad.....	87
Ecuación n° 40: Coeficiente de curvatura.....	88
Ecuación n° 41: Gravedad específica.....	89
Ecuación n° 42: Densidad húmeda del espécimen compactado.....	92
Ecuación n° 43: Densidad seca del espécimen compactado .....	92
Ecuación n° 44: Densidad seca del espécimen compactado .....	93
Ecuación n° 45: Máxima resistencia al corte .....	93

## **I. INTRODUCCIÓN**

Como se sabe la erosión comprende lo que es el desprendimiento, transporte y posterior depósito de materiales de suelo roca por acción de la fuerza de un fluido en movimiento.

A este río se le ha realizado estudios hidrológicos e hidráulicos para determinar sus características, sin embargo la resistencia del enrocado actual no ha soportado las lluvias de verano anuales, por lo que hay desprendimiento de los elementos y es un trabajo más, que se hace al tener que reponer el talud para el cual fue diseñado, se consideró utilizar elementos de concreto simple (Tetrápodos), por tener mejor acople entre ellos, estos elementos harán el nuevo diseño del talud a considerar una mejor opción contra los ataques de los flujos para evitar las inundaciones.

El presente trabajo de investigación está constituido por cuatro capítulos en donde el capítulo I de la investigación se muestra la situación problemática y trabajos previos en el contexto internacional, nacional, local, por otro lado, las teorías relacionadas al tema de defensa ribereña, como también la formulación del problema, así mismo la justificación e importancia en los aspectos metodológicos, social y teóricos, por último, su hipótesis y objetivos.

En el capítulo II de la investigación se detalla el material y método de la investigación científica donde se considera el tipo y diseño de la investigación, la población, la muestra, la operacionalización, también las técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad, igualmente el procedimiento de análisis de datos y por último los criterios éticos y de rigor científico.

En el capítulo III se hará referencia a los resultados interpretados por medios de tablas y figuras, así mismo la discusión de resultados y por último el aporte científico.

Finalmente, en el cuarto capítulo IV de la investigación se detalla las conclusiones y recomendaciones.

El propósito de esta investigación, es dejar un material de gran importancia para el diseño de nuevas formas de proteger las márgenes de un río, ante eventos de grandes magnitudes, como el fenómeno del niño costero.

## **1.1. Realidad Problemática**

### **1.1.1. A nivel internacional**

Las fuertes lluvias causadas por 33 de las 60 ondas tropicales esperadas para este año en Venezuela, han producido la crecida más grande registrada desde 1976. El río ha subido hasta los 18,34 metros sobre el nivel del mar hasta el sábado 25 de agosto en Bolívar y hasta los 54,28 metros en el Amazonas. Ambas superando las marcas anteriores de 1976, mientras los pronósticos meteorológicos estiman que las lluvias continuarán. Las inundaciones en Venezuela han afectado hasta el momento a más de 60 000 personas, cientos de familias que lo han perdido todo. (Jeanfreddy Gutiérrez y Ronny Rodríguez, 2018)

En la provincia de Napo se presentó una inundación por desborde del río Misahuallí en el cantón Archidona, parroquia Cotundo, donde Técnicos de la (SGR) realizaron la evaluación inicial de las necesidades del lugar para determinar posibles daños causados por el fenómeno climático. Las autoridades locales, en reunión con la Mesa Técnica de Agua Segura, Saneamiento y Gestión de Residuos, declararon la emergencia en la ciudad de Archidona por la suspensión del líquido vital. (Government Ecuador, 2018)

Las torrenciales lluvias caídas en Cebolla provocaron desborde del río Sangüesa al pasar por la provincia española de Toledo, lo que ha ocasionado daños a los hogares y ha arrastrado a gran cantidad de vehículos, al alcanzar el agua desbordada un metro de alto, es cotidiano que el río salga de su cauce cuando hay grandes lluvias. El desborde del río Sangüesa, que defoga al llegar al río Tajo, ha ocasionado inundaciones en varias casas, sótanos y cocheras, incluso el daño de la vía autonómica CM-4000, la que une la localidad de Talavera de la Reina y Toledo. (El Territorio, 2018)

Las intensas precipitaciones que se han dado en Cauca, ocasionaron que el río Patanguajo se desborde, causando su cauce la destrucción de un puente peatonal en la zona rural del municipio. Con la destrucción del puente, hace que se vean seriamente afectadas más de 60 familias que en su cotidianidad hacen uso de la estructura ya sea para dirigirse a sus empleos o a sus estudios. (El Tiempo, 2018).

### **1.1.2. A nivel nacional**

Proyectar criterios para la realización del diseño y construcción de la defensa ribereña para río Tahuamanu, elaborando un cronograma, análisis de precios, también analizar el proyecto,

evaluando si es conveniente la realización de este, en cuanto al tiempo y costo, dando otras posibles soluciones. (Julissa Andrea Garavito Calle, 2016).

El puerto fluvial de Hatunruni, localizado en Pichari, la Convicción, Cuzco es tan bien parte del emergente valle de los ríos Apurímac y Mantaro (VRAE), Hatunruni por su ubicación al río Apurímac era propenso a inminentes inundaciones sobre todo en las épocas de lluvias, debido a las constantes precipitaciones fluviales y la usual crecida del río Apurímac que año tras año iba diezmando la ciudad. Durante muchos años las autoridades de turno y los pobladores de Hatunruni intentaron sin resultado alguno diferentes métodos de defensa ribereña buscando resistencia y contención a las embravecidas aguas del Apurímac, en una primera instancia se intentó la construcción de diversos gaviones en base a un sistema de enmallado con piedras de regular tamaño, luego se llegó a instalar una amplia defensa ribereña a base de un grueso enrocado y al cabo del invierno sucumbía ante a la arremetida furia de las aguas. Pasado los años un ingeniero Picharino trajo una propuesta innovadora única en el país, basado en las defensas ribereñas que aún se practican en las zonas altoandinas de nuestro país, reemplazo los sauces con una técnica novedosa, utilizando materia prima de la zona; diseño una estructura de concreto armado, que consta de seis soportes, que se le denomina hexápodos. (Edilberto Gómez, 2010).

Las intensas lluvias que caen sobre la sierra de Piura vienen causando serios daños en la infraestructura de la región, parte de una defensa ribereña recién construida colapsó cuando hubo máximas avenidas en la quebrada Hualapampa, en el distrito de Huarmaca, provincia piurana de Huancabamba. Este hecho fue reafirmado por el subprefecto de Huarmaca, Dilthey Carrasco Montoya, quien afirmó que ya ha comunicado el hecho a la subregión Morropón-Huancabamba, entidad del Gobierno Regional de Piura, encargada de la obra. El dique natural en esta quebrada se rompió el año pasado, con El Niño costero, y afectó a 750 habitantes de Hualapampa. Ahora queremos una obra bien hecha, que nos proteja de inundaciones. (Dilthey Carrasco, 2018).

### **1.1.3. A nivel local**

Se tiene la intención de realizar el proyecto de una defensa ribereña localizada en el Río Reque, en el tramo puente Reque hasta bocatoma Monsefú. Diversos análisis demuestran que las máximas avenidas provocan desbordamiento del río, afectando a los pobladores y sembríos en los lugares aledaños. Debido a eso realizaremos la propuesta, para proteger de



manera debida los lugares próximos, así se pueda encausar el río en épocas de máximas. (R. Silva, A. Tuesta, 2018).

En el río la Leche existen lugares críticos en temporadas de precipitaciones, en las que también se desborda. A principios de 2012, este sufrió desbordes, dañando las defensas e inundando los lugares aledaños en Pacora e Illimo, afectando los sembríos y restos arqueológicos cercanos, no obstante, se realizan trabajos de protección ribereña en varias partes del río, pero necesarios en más lugares afectados, los trabajos que están realizando es la colocación de muros de contención y así no se ocasionen inundaciones en áreas de los centros poblados, las cuales perjudica a pobladores de toda el área cercana al río la leche. (Lily Rocío Vásquez Chávez, 2018).

En los años 80's, específicamente en el año 1983, Eten y varios lugares de Lambayeque, también la mayor parte del norte peruano se vio afectado por las intensas precipitaciones ocasionando que se inunde, lo que se le conoce como fenómeno del niño costero, el que se da mayormente cada 20 - 25 años, antes o después. Este año es recordado por la gran fuerza de las precipitaciones, lo que ocasionó que Eten se quede incomunicado vialmente por la destrucción del puente de Eten-Monsefú, también así por el desbordamiento del río Chancay. La población de Divino Niño del Milagro sufrió terribles daños, ocasionando muertes, destrucción de viviendas, enfermedades. (**Ver figura n°1 y 2**).

Este fenómeno también afectó el lugar en 1998, derribando un total de 500 hogares en C. Eten, lo cual motivó a la población que se trasladen a centros poblados cercanos. (Billy Quesquén, 2010).

Los problemas de erosión mayormente ocurren en los meandros del río a causa del flujo del agua en contacto directo a él, generando posteriormente socavación, en el estado actual del río se puede observar el desprendimiento de las rocas en la defensa ribereña del margen derecho por lo que actualmente el gobierno regional está trabajando en la restauración de los taludes mediante maquinaria, realizando el colocado del enrocado en la misma posición y con el mismo talud, sin embargo como se ven los resultados no es viable, ya que el fenómeno del Niño ha podido penetrar en la defensa, poniendo en peligro a los pobladores aledaños a este río. (**Ver figura n° 3 y 4**).

En estas zonas es en donde se iniciarán la protección, el primer tramo está ubicado a 500 m aguas arriba del puente y el siguiente tramo sería desde el puente hasta 500 m aguas abajo,

esta propuesta se da para mejorar la defensa ribereña actual, para evitar desbordamiento del río, ya que los tetrápodos tienen un mejor acoplamiento por su forma y difícilmente se pueden desprender.



**Figura n° 1:** Desastres ocasionados por el desborde del río Chancay, Eten.

**Fuente:** F. Vallejos, (1983).



**Figura n° 2:** Calles de Eten después del fenómeno del niño

**Fuente:** F. Vallejos, (1983).



**Figura n° 3:** Trabajos de reparación de la defensa con enrocado, margen izquierdo, aguas arriba del puente Eten-Monsefú, año 2018.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura n° 4:** Trabajos de reparación de la defensa con enrocado, año 2018, aguas arriba del puente Eten-Monsefú, después del fenómeno del niño del 2017.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura n° 5:** Zona de Investigación (Puente Eten-Monsefú).

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura n° 6:** Zona de protección ante la corriente del río Chancay.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura n° 7:** Margen izquierda, aguas arriba del puente Eten-Monsefú, afectada por el fenómeno del niño y colmatación de vegetación, año 2018.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura n° 8:** Socavación general del río y sedimentación aguas arriba y aguas abajo del puente Eten-Monsefú, año 2019.

**Fuente:** Elaboración propia

## **1.2. Antecedentes de estudio**

### **1.2.1. A nivel internacional**

**(Ing. Joanna Bravo Granda, Ing. Néstor León Cadena, 2011)** En su tesis para optar el título de Master en Ingeniería Vial, denominada **“METODOLOGÍA PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL CAUCE DE UN RÍO DE LLANURA PARA LA PROTECCIÓN DE PUENTES”**. Quito-Ecuador, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.

Establecen una metodología para la estabilización del cauce de un río de llanura para la protección de puentes, mediante el empleo de espigones sucesivos que controlen de una manera definitiva la erosión sus ribera, las áreas más vulnerables identificadas en un puente como los estribos, terraplenes de acceso y las pilas intermedias, las que se afectan por ampliaciones del canal ya sea por sedimentación, ampliación o reducción del cauce sea natural o por efecto de la minería, confluencia de flujos de agua, migración divagante del meandro y consecuentemente de los puntos más bajos que conforman el lecho del río.

**(Ing. Pamela Iskra Mejía Estrada, 2014)** En su tesis para optar el título de Master en Ingeniería Civil - Hidráulica **“CARACTERIZACIÓN DEL EVENTO HIDROMETEOROLÓGICO EXTREMO EN ACAPULCO, GUERRERO, EN SEPTIEMBRE DE 2013”**. México, Universidad Nacional Autónoma de México.

Se detalla las precipitaciones registradas en los días 14 -18 de setiembre de 2013, en Acapulco, Guerrero en México. Tratándose del huracán Ingrid de categoría 1 y el fenómeno tropical llamado Manuel el que se convierte en huracán de categoría 1 al día siguiente, los cuales ocasionaron el desborde de 2 ríos además de grandes pérdidas materiales. Proyectándose un diseño de modelo numérico para la parte hidrológica, meteorológica e hidrodinámica, usando imágenes satelitales en H.D. También se da a conocer que, realizando un modelo de una inundación, se puede observar que es lo que genera dicho suceso, dando las posibles soluciones para evitar grandes daños y así asegurar a la comunidad ante dichos fenómenos.

**(Catherine Buitrago Buitrago, Diana Marcela Ochoa Parra, 2013)** En su tesis para optar el título de Especialista en Recursos Hídricos, denominada **“RECOMENDACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE PROTECCIÓN Y CONTROL DE CAUCES”**. Bogotá-Colombia, Universidad Católica De Colombia.

Debido a los cambios climáticos como fuertes lluvias los cuales producen erosión en ríos, inundaciones, sedimentación, etc. y sabiendo que el diseño hidrológico es base fundamental para realizar obras de defensa de canales naturales. En los diseños propuestos se debe garantizar el buen funcionamiento, durabilidad y seguridad. Seleccionando el diseño mejor adecuado, minimizando los impactos ambientales que estas producen, evitando perjudicar a la naturaleza, manteniendo el diseño natural.

**(Priska H. Hiller, Jochen Aberle y Leif Lia, 2018)** En el artículo para la revista de Investigación Hidráulica, denominada **“DESPLAZAMIENTOS COMO ORIGEN LA FALTA DE ESCOLLERA COLOCADO EN PENDIENTES PRONUNCIADAS”**.

Trondheim-Noruega, Universidad de Noruega de Ciencia y Tecnología

Este documento presenta los resultados de un estudio modelo de escala relacionados con la estabilidad de escollera objeto de dumping y colocado en pendientes pronunciadas de talud 1: 1,5 (verticales: horizontal) expuestos a desbordamiento. Los experimentos mostraron que los pequeños reordenamientos de las piedras en riprap colocado, cuantificada como desplazamientos de piedras particulares, condujeron a una compactación en la parte inferior de la escollera y al aflojamiento en la parte de aguas arriba. La escollera se volvió inestable cuando los desplazamientos máximos superan el tamaño de los ejes más largos de las piedras de escollera.

### **1.2.2. A nivel nacional**

**(Andrés García Paredes, 2017)** En su tesis para optar el título de licenciado en Ingeniería Civil, denominada **“Diseño Hidráulico y Estructural de Obras de Protección frente a Erosión e Inundaciones del río Balsayacu en el Centro Poblado de Balsayacu, Distrito de Campanilla, Provincia de Mariscal Cáceres – Región San Martín”**. Universidad Nacional De San Martín-Tarapoto.

Se desarrolló con el fin de tener una propuesta de solución a los problemas de erosión e inundación del área urbana ribereña del Centro Poblado de Balsayacu, de esta manera contribuir con la Municipalidad del Distrito de Campanilla en la elaboración del Perfil del Proyecto de Defensa Ribereña, se proyecta 15 espigones deflectores de flujo de corta longitud para solucionar el problema de erosión del cauce y un dique de tierra de dos tramos que hacen un total de 846 m, fuera del cauce, paralelo y adyacente a la ribera derecha del río Balsayacu para solucionar el problema de inundación.

(Flores Apaza Orestes Omar, 2015) En su tesis para optar el título de licenciado en Ingeniería Civil, denominada **“PROPUESTA Y ANALISIS DE DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RÍO ILAVE ZONA RURAL C.P. SANTA ROSA DE HUAYLLATA-ILAVE”**. Puno - Universidad Nacional Del Altiplano.

Se considera de gran importancia realizar el diseño de distintos tipos de protecciones ribereñas, usando materiales de forma adecuada que cumplan con las especificaciones para su posterior construcción. Estas defensas tienen por objeto proteger las márgenes para evitar la erosión y mantener el curso de los ríos. Deben ser construidas de tal manera que puedan soportar las condiciones ambientales, las avenidas excepcionales y la corrosión, tomando en cuenta la buena utilización de materiales que cumplan con lo especificado en el manual de hidrología.

(Franz Alcazar Mamani, 2017) En su tesis para optar el título de licenciado en Ingeniería Civil, denominada **“DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RÍO CALLAZAS TRAMO CRÍTICO (KM 0+000.00-2+500.00) EN EL CP DE ARICOTA, PROVINCIA DE CANDARAVE-TACNA”**. Universidad Privada de Tacna.

Con la intención de proteger los sembríos ubicados en las márgenes del río Callaza en las progresivas 0+000.00 km. - 2+500.00 km. ante máximas avenidas en el río mencionado, que se dan entre diciembre – marzo. Los sembríos se encuentran en peligro debido a la erosión que producen los caudales máximos, proponiendo el diseño de la protección ribereña con espigones en las progresivas antes mencionadas, con todos los estudios necesarios para una obra eficiente.

(Julissa Andrea Garavito Calle, 2016) En su tesis para optar el título de licenciado en Ingeniería Civil, denominada **“Planeamiento de la construcción de la defensa ribereña del Puente Tahuamanu utilizando Geoestructuras - Madre de Dios”**. Lima-Pontificia Universidad Católica Del Perú.

Realizando el proyecto de protección ribereña, se disminuirá el riesgo ante daños de máximas avenidas, obteniendo una eficiente solución de protección, es de gran importancia realizar los estudios para distintas protecciones ribereñas, usando materiales de forma adecuada que cumplan con las especificaciones y así optimizar la calidad de vida de los lugareños.



### **1.2.3. A nivel local**

(Lily Rocío Vásquez Chávez, 2018) En su tesis para optar el título de licenciado en Ingeniería Civil, denominada “**Diseño De Defensas Ribereñas Y Su Aplicación En El Cauce Del Río La Leche, Distrito De Pacora – Lambayeque**”. Chiclayo-Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo.

El proyecto se trata del diseño y aplicación de la defensa ribereña del río La Leche, realizando distintos métodos de diseño, ante eventuales desbordes del río en máximas avenidas; con la intención de conocer los distintos tipos de materiales, estos pueden ser flexibles y rígidos, se toma en cuenta las características, desventajas, ventajas u otros componentes que logren considerarse para diseñar, teniendo en conocimiento lo estipulado en el manual de la ANA. Identificando lugares donde puede haber desbordamiento, lo que origina grandes pérdidas; a través de un análisis de vulnerabilidad, tomando en cuenta la hidrología que presenta la cuenca del río.

(Renzo Ronaldo Silva Chapoñan Y Marco Antonio Tuesta Vásquez, 2016) En su tesis para optar el título de licenciado en Ingeniería Civil, denominada “**Análisis Y Diseño De Defensa Ribereña En El Río Reque, Tramo Bocatoma Monsefú - Puente Reque, Provincia De Chiclayo, Departamento De Lambayeque**”. Chiclayo-Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo.

El proyecto ambiciona diseñar y analizar la protección para la ribera de Reque, en el tramo puente Reque - Bocatoma Monsefú. Según la realización de estudios, las máximas avenidas en épocas del fenómeno del niño el río se desborda, poniendo en riesgo a la población y a los cultivos aledaños. Por tal motivo se realizará el proyecto, para proteger de forma adecuada los lugares vulnerables y así haya una adecuada descolmatación del río en épocas de máximas. Con esta obra se logrará crecer económicamente en la parte agrícola, también así dar bienestar a la población.

## **1.3. Teorías relacionadas al tema**

### **1.3.1. Variable independiente**

- a) **Diseño hidráulico y estructural de los elementos prefabricados de concreto simple (tetrápodos)**

### 1.3.1.1. Coraza

V. Negro V. y O. Varela C. Se pueden diseñar las piezas de la coraza con diferentes fórmulas de acuerdo a su peso, entre ellas tenemos:

#### A. Fórmulas para el cálculo de peso de elemento prefabricado

Para calcular el peso del elemento prefabricado se tiene una variedad de fórmulas, las cuales son:

$$W = \frac{0.704}{(\cot \theta + 1)^2 \sqrt{\cot \theta - \frac{2}{\gamma_r}}} \frac{H^3 \gamma_r}{\gamma_w} \left( \frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3$$

Ecuación n° 1: Fórmula de Castro.

$$W = \frac{K}{(\cos \theta - \sin \theta)^3} \frac{H^3 \gamma_r}{\gamma_w} \left( \frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3$$

Ecuación n° 2: Fórmula de Iribarren.

$$W = \frac{K}{(\mu \cot \theta + \sin \theta)^3} \frac{H^3 \gamma_r}{\gamma_w} \left( \frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3$$

Ecuación n° 3: Fórmula de Iribarren modificada.

$$W = \frac{0.0149}{(\cot \theta - 0.75 \sin \theta)^2} \frac{H^3 \gamma_r}{\gamma_w} \left( \frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3$$

Ecuación n° 4: Fórmula de Mathews.

$$W = \frac{K}{(\mu - \tan \theta)^3} \frac{H^2 T \gamma_r}{\gamma_w} \left( \frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3$$

Ecuación n° 5: Fórmula de Tyrrel.

$$W = \frac{0.0162}{\tan^3 \left( 45^\circ - \frac{\theta}{2} \right)} \frac{H^2 T \gamma_r}{\gamma_w} \left( \frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3$$

Ecuación n° 6: Fórmula de Rodolf.

$$W = \frac{1}{K_D \cot \theta} \frac{H^3 \gamma_r}{(\gamma_w (\gamma_r - 1))^3}$$

Ecuación n° 7: Fórmula de Hudson.

$$W = \frac{K \left[ \frac{2\pi h_t}{L} \frac{4\pi z}{L} \right] \frac{H^3 \gamma_r}{(\cot \theta - \sin \theta)^3}}{\gamma_w (\gamma_r - 1)^3}$$

Ecuación n° 8: Fórmula de Larras.

$$W = \frac{K}{(\cos \theta - \sin \theta)^3} \frac{H^3 \gamma_r}{\gamma_w (\gamma_r - 1)^3}$$

Ecuación n° 9: Fórmula de Hedar.

$$W = \frac{K}{\cos^3 \theta} \frac{H^3 \gamma_r}{\gamma_w (\gamma_r - 1)^3}$$

Ecuación n° 10: Fórmula de Svec.

$$W = \frac{KK^3}{(\mu \cos \theta - \sin \theta)^3} \frac{H^3 \gamma_r}{\gamma_w (\gamma_r - 1)^3}$$

Ecuación n° 11: Fórmula de Hedar modificada.

$$W = \frac{K}{\sqrt{1 + \cot^3 \theta}} \frac{H^2 L \gamma_r}{\gamma_w (\gamma_r - 1)^3}$$

Ecuación n° 12: Fórmula de SN-92-60.

$$W = \frac{K}{\cos^3 \theta \sqrt{\cot^3 \theta}} \frac{H^2 L \gamma_r}{\gamma_w (\gamma_r - 1)^3}$$

Ecuación n° 13: Fórmula de Ryhtchvsky.

$$W = \frac{KK_S}{\cos^3(23^\circ + \theta)} \frac{H^3 \gamma_r}{\gamma_w (\gamma_r - 1)^3}$$

Ecuación n° 14: Fórmula de Metelicyna.

$$W = 0.3K \tan^{1.83} \theta \frac{H^3 \gamma_r}{\gamma_w (\gamma_r - 1)^3}$$

Ecuación n° 15: Fórmula de Goldschtein & Kononenko.

$$W = KK_s \left[ \frac{1}{\cot \theta - 0.8} - 0.15 \right] \frac{H^3 \gamma_r}{(\gamma_r - 1) \gamma_w}$$

Ecuación n° 16 Fórmula de Beaudevi

Donde:

H, altura de ola incidente, en m.

K, K<sub>D</sub>; constante de estabilidad.

L, longitud de onda, en m.

W, peso, en Tn.

h<sub>t</sub>, profundidad a pie de dique y banquetta, en m.

θ, talud.

μ, coeficiente de fricción.

γ<sub>r</sub>, γ<sub>w</sub>; pesos específicos, en Tn/m<sup>3</sup>.

K<sub>s</sub>, factor de seguridad.

Sin embargo, nos hemos orientado en el uso del método de Hudson, ya que es el más usado en la mayoría de tesis internacionales que logramos encontrar. Para ello se requiere la constante de estabilidad K<sub>D</sub> (**Ver Anexo n° 5.2**).

## **B. Diámetro nominal elementos coraza**

R. Fernández, 2010. De acuerdo al cálculo del peso de los elementos que conformarán la coraza del rompeolas para la alternativa de rocas, se puede obtener el diámetro promedio de los elementos con la siguiente expresión:

$$D_n = \sqrt[3]{\frac{W}{\rho_s}}$$

Ecuación n° 17: Diámetro nominal.

Donde:

D<sub>n</sub>, diámetro nominal roca o elemento prefabricado, en m.

W, peso medio roca o elementos prefabricados coraza, en Tn.

ρ<sub>s</sub>, densidad roca o elemento prefabricado, en Tn/m<sup>3</sup>.

En el caso de los elementos prefabricados tipo Tetrápodos, no tienen un diámetro promedio, pero se recomienda tener en cuenta las características geométricas (**Ver figura n°10**).

### **C. Elementos de la coraza por área**

Para obtener el número de elementos requeridos para cubrir cierta área, se utilizará la siguiente expresión:

$$\frac{N_a}{A} = n k_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100}\right) \left(\frac{\rho_s}{W}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Ecuación n° 18: Fórmula del número de unidades requeridas por unidad de área.

Donde:

$N_a$  = número de elementos por unidad de área.

$A$  = superficie de cálculo.

$P$  = permeabilidad.

$N$  = número de rocas en espesor.

$k_{\Delta}$  = coeficiente de capa



$W$  = peso de roca o elemento prefabricado, en Tn.

$\rho_s$  = densidad de roca o elemento prefabricado, en Tn/m<sup>3</sup>.

### **1.3.1.2. Revestimiento**

#### **A. Elementos de concretos prefabricados**

Son bloques o elementos de concreto simple o armado cuya forma facilita el entrelace entre los elementos y permiten acumular fuerzas que resistan el embate del oleaje. Los elementos prefabricados pueden tener distintas formas, siendo los más empleados: cubo, tetrápodos, cubo a ranuras, trípode, tripa, hexápodo, etc.

Elemento	País	Año	Imagen	Elemento	País	Año	Imagen
Cubo	-	s. XIX		Mexápodo	MX	1978	
Tetrapod	FR	1950		Pey	BOL	1978	
Grabbelar	ZA	1957		Seabee	AU	1978	
Tribar	USA	1958		Accropode	FR	1980	
Hollow Tetrahedrom	JP	1959		Shed	UK	1982	
Modified Cube	USA	1959		Haro	BE	1984	
Tetrapod (Danel et al.)	FR	1960		O'Neill	USA	1986	
Stabit	UK	1961		Tourmen	FR	1990	
Akmon	NL	1962		Core-Loc	USA	1994	
N-Shaped Block	JP	1962		Voisin	FR	1995	
Ridehalgh	GB	1962		Ecopode	FR	1996	
Dolos	RSA	1963		A-Jack	USA	1998	
Hollow Square	JP	1965		Diahtis	IE	1998	
Sta-Bar	USA	1966		Accropode II	FR	1999	
Toskane	ZA	1966		Atamán	ES	2003	
Gassho	JP	1967		Half-Loc	KR	2003	
Cob	UK	1969		Xbloc	NL	2003	
Talsuke	JP	1971		Cubipod	ES	2005	
Chevalier & Alsthom	FR	1972		Xbase	NL	2007	
Antifer Cube	FR	1976		Blacastar	ES	2012	

**Figura n° 9:** Distintos tipos de elementos prefabricados.

**Fuente:** Cubipod (Effective breakwaters made easy), 2016, p.05.

### A.1. Tetrápodos

V. Negro V. y O. Varela C. La primera pieza artificial de hormigón fue creada por Neryrpic en 1948 y comercializada en 1950, está formada por un núcleo esférico al que son tangentes exteriormente cuatro troncos de cono simétricamente dispuestos.

Elemento bicapa que resiste por engarce, siendo masivo, macizo y con peso propio elevado, esta pieza fue ensayada múltiples veces por Irribarren, quedando satisfecho de su comportamiento con incidencia normal, pero presentando reservas para incidencia oblicua.

El encofrado puede ser de dos tipos, en dos piezas (americano), o en cuatro piezas (francés).

El filtro que se da es un aproximado del  $W/10$  a  $W/20$  (siendo  $W$  el peso del tetrápodo); el coeficiente de capa es de 1.04 y la porosidad es del 50%.

El valor inicial de la constante de estabilidad de Hudson fue 8.30; hoy en día se recomienda, según casos, valores entre 6 y 8.

Por citar un ejemplo, la densidad de colocación en  $100 \text{ m}^2$  de dique se sitúa en 14 unidades de  $20 \text{ m}^3$ ; 22 unidades de  $10 \text{ m}^3$  o 47 unidades de  $3.2 \text{ m}^3$ .

Existen un sinnúmero de realizaciones constructivas en el mundo, si bien son históricas varias averías: Arzew el-Djedid (Argelia), Trípoli (Libia) o el Puerto Cementero en Carboneras (España).

Como evolución del tetrápodo, se desarrollan el cuadrípodo, en el que tres de sus troncos de cono horizontales y el cuarto es vertical (Estados Unidos, 1959), y el mexápodo (Porraz y Medina, 1978), como unión de dos piezas en forma de hermanos siameses.

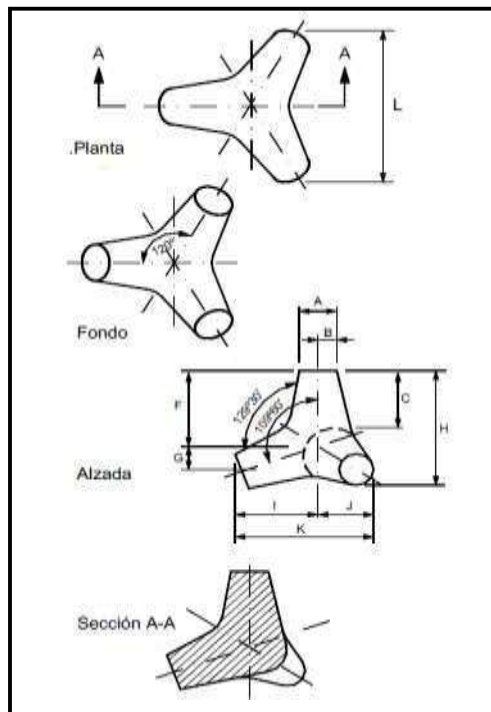
#### Una pequeña reseña histórica:

M. Ossa, 1964. La aplicación de tetrápodos en las obras marítimas de protección es reciente. Su desarrollo tuvo origen en el “Etablissements Neyrpic’s Laboratoire Dauphinois d’Hydraulique” en Grenoble, Francia, como resultado de una serie de ensayos con modelos hidráulicos, que permitían observar el mecanismo del ataque de las olas sobre obras marítimas de escolleras. Las investigaciones se llevaron a cabo a raíz de las conclusiones a que llegó el Congreso Internacional de Navegación celebrado en 1949. En esa oportunidad se dió importancia a la idea de que la fuerza o empuje de las olas podría aniquilarse parcialmente por sí misma a través de una construcción con una red de espacios huecos, dividiendo el gran cuerpo atacante del agua en numerosas corrientes turbulentas y pequeñas con distinta dirección de empuje.

Un atinado artículo sobre tetrápodos apareció en la revista “Beton”, nº 3, marzo de 1962, escrito por Heinz – Otto Lamprecht, donde el autor explica el efecto, método de fabricación y empleo de estos elementos para obras marítimas de protección, citando numerosos ejemplos de aplicación en diversas partes del mundo. De este artículo se ha extractado gran parte de la información que continúa. Entre las obras citadas merecen destacarse por su magnitud, la base naval para la armada de EE.UU. en Rota, España, con 8935 tetrápodos de 8, 16 y 25 toneladas de peso cada uno, terminada en 1958; y el nuevo puerto de Arica, Chile,

con un total de 8125 unidades de 16 toneladas, aún en construcción del muelle Umaokosky que merece citarse porque se proyecta utilizar la cantidad de 49240 tetrápodos de 1 tonelada. En 1955 se terminaron los trabajos para proteger el muelle de Pointe Pescade, en Algeria, donde se colocaron 60 tetrápodos de 40 toneladas cada uno, siendo, al parecer los de mayores pesos fabricados para el presente. El total de obras marítimas en que se han empleado estos elementos alcanza a 50, según la recopilación mencionada. El artículo concluye con una serie de observaciones sistemáticas que se han efectuado en las construcciones de obras marítimas ejecutadas con tetrápodos.

Las dimensiones se denotan conforme a la Figura n°10.



**Figura n° 10:** Vistas y parámetros geométricos del elemento prefabricado (Tetrápodo).

**Fuente:** J. Suárez, 2001, p.544.

J. Suárez, 2001. Las características geométricas son:

$$A = 0.302 * H$$

$$E = 0.235 * H$$

$$B = 0.151 * H$$

$$F = 0.644 * H$$

$$C = 0.477 * H$$

$$G = 0.215 * H$$

$$D = 0.470 * H$$

$$I = 0.606 * H$$



$$J = 0.303 * H$$

$$L = 1.201 * H$$

$$K = 1.085 * H$$

Volumen del bloque:  $0.280 * H^3$

Espesor de capa:  $1.361 * H$

Donde: H, altura de elemento prefabricado tipo tetrápodo, en m.

Para calcular la altura del tetrápodo se deberá determinar el volumen del elemento prefabricado y con esto obtendremos la altura del tetrápodo.

$$V = \frac{W}{\gamma}$$

Ecuación n° 19: Volumen de elemento prefabricado.

$$H = \sqrt[3]{\frac{V}{0.28}}$$

Ecuación n° 20: Altura de elemento prefabricado.

Donde:

V, volumen de elemento prefabricado (tetrápodo), en  $m^3$ .

W, peso de elemento prefabricado (tetrápodo), en Tn.

Y, peso específico del concreto, en  $Tn/m^3$ .

H, altura de elemento prefabricado (tetrápodo), en m.

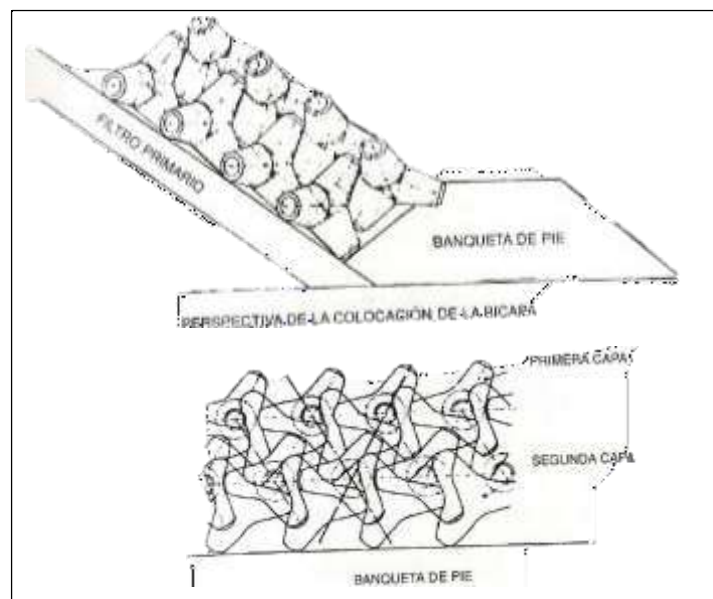
M. Ossa, 1964. Desde que, en 1840, Poirée, que construía el muelle de Algeria, empleó por primera vez bloques artificiales de hormigón, el procedimiento se había mantenido en general para todas las obras de esta índole y sin modificar la forma rectangular de esos bloques. En comparación con ese y otros sistemas empleados en construcciones marítimas, los recubrimientos con tetrápodos en obras de protección permiten obtener evidentes ventajas que se traducen en economías del orden de 20 a 30% en los costos. Con ellos es posible conseguir taludes de 1:1, suficientemente seguros debido a la gran estabilidad de los tetrápodos. La extraordinaria aspereza dejada por una capa de tetrápodos consigue aniquilar la energía del oleaje y del agua fluyente, soportando la mayor sollicitación al desgaste

originada en consecuencia. Esas cualidades y el hecho de poder fabricarse del tamaño conveniente para el talud elegido han conducido a que este sistema se emplee también en corrientes fuertes como se presentan en represas. La presión del oleaje en el mar y la corriente en los ríos es parcialmente anulada al ramificarse el agua atacante por los numerosos espacios huecos dejados por los tetrápodos, impidiendo así que la energía del oleaje se descargue de un solo golpe. Esos macroporos, que alcanzan aproximadamente a un 50%, no son obturados accidentalmente por conchas, moluscos o arena, a causa de su gran tamaño, pero permiten en cambio, que puedan taparse a voluntad si la ocasión lo requiere (ríos).

Los recubrimientos con tetrápodos son construídos generalmente sobre fundaciones constituídas por plataformas enfaginadas de manera que el hundimiento posibilita una mejor unión con el subsuelo impidiendo que los elementos sean arrastrados por corrientes de agua. Puede también emplearse una fundación en base a piedras naturales, o si es posible, anclar una serie de tetrápodos a lo largo de la costa.

#### A.1.1. Colocación de tetrápodos

La colocación del tetrápodo en las márgenes del río, se podrán realizar de manera aleatoria según el cuadro del Anexo N° 5.2, sin embargo, para esta investigación se hará de manera ordenada con la intención de un mejor acoplamiento entre las mismas; para un mejor detalle de lo que será la protección del dique de la defensa ribereña se presentará de esta manera:



**Figura n° 11:** Forma de disposición de las capas de tetrápodos.

**Fuente:** V. Negro V. y O. Varela C.

### **1.3.2. Variable dependiente**

#### **a) Defensa ribereña en las márgenes del río Chancay.**

##### **1.3.2.1. Defensa ribereña**

MACCAFERRI (2015), “Es toda estructura fundada en las márgenes de un río”, la cual cumple función de “corregir, encauzar o controlar el curso del río”.

Existen dos sub tipos de obras, longitudinales y deflectoras:

##### **A. Obras longitudinales**

Con estas se delimitan el cauce natural y aprovechan los terrenos aledaños, protegiendo las márgenes contra la erosión o inundación, recuperando terreno de las riberas y obras de toma.

De acuerdo de la situación local y su propósito, se puede diversificar en estructura gruesa y delgada.

##### **B. Estructura gruesa**

Protegen las márgenes de la erosión, estabilizando el talud del canal natural.



**Figura n° 12:** Obra longitudinal (Estructura gruesa).

**Fuente:** Defensas de márgenes y obras transversales (Necesidades y Soluciones).

##### **C. Estructura delgada**

Se usa para cubrir los márgenes naturales o artificiales, protegiéndolas ante la erosión.

Estas construcciones deben afectar en forma mínima al medio ambiente. Se recomiendan usar gaviones enmallados, gaviones con saco, geo mantas, etc. estos se acomodan según las especificaciones técnicas y constructivas.



**Figura n° 13:** Obra longitudinal (Estructura delgada).

**Fuente:** Defensas de márgenes y obras transversales (Necesidades y Soluciones).

#### **D. Obras deflectoras**

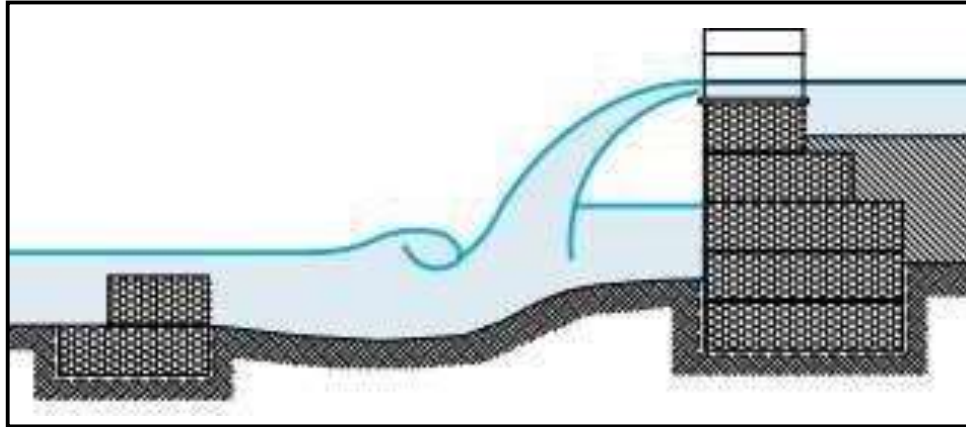
Existiendo la necesidad de dirigir el cauce de los ríos y recobrar los terrenos aledaños afectados por la erosión, es necesario construir la estructura deflectora, mejor conocidas como espigones.



**Figura n° 14:** Obra deflectora (Espigón).

**Fuente:** Defensas de márgenes y obras transversales (Necesidades y Soluciones).

Como en el caso anterior las características de estas estructuras es la simplicidad y rápida edificación.



**Figura n° 15:** Obra deflectora (Perfil del Espigón).

**Fuente:** Defensas de márgenes y obras transversales (Necesidades y Soluciones).

### 1.3.2.2. Ancho estable del río

Para determinar el ancho estable del río se tienen los siguientes métodos:

#### A. Método Petits.

Para hallar el ancho estable con el método de Petits se tiene la siguiente ecuación:

$$B = 4.44\sqrt{Q}$$

Ecuación n° 21: Ancho estable según Petits.

Donde:

B: Ancho de encauzamiento del cauce en (m).

Q: Cauda máximo de diseño (m<sup>3</sup>/s).

#### B. Método Simons y Henderson.

Para hallar el ancho estable con el método de Simons y Henderson se tiene la siguiente ecuación:

$$B = K_1\sqrt{Q}$$

Ecuación n° 22: Ancho estable según Simons y Henderson.

Donde:

B: Ancho de encauzamiento del cauce en (m).

$Q$ : Cauda máximo de diseño (m<sup>3</sup>/s).

$K_1$ : Condiciones del fondo del cauce (Adimensional)

Cuando  $K_1$ :

Fondo y orillas de arena  $K_1 = 5.70$

Fondo arena y orillas de mat. cohesivo  $K_1 = 4.20$

Fondo y orillas de material cohesivo  $K_1 = 3.60$

Fondo y orillas del cauce de grava  $K_1 = 2.90$

Fondo arena y orillas de mat. No cohesivo  $K_1 = 2.80$

### C. Método de Blench.

Para hallar el ancho estable con el método de Blench se tiene la siguiente ecuación.

$$B = 1.81 \left( \frac{F_b Q}{F_s} \right)^{1/2}$$

Ecuación n° 23: Ancho estable según Blench.

Donde:

$B$ : Ancho de encauzamiento del cauce en (m).

$Q$ : Cauda máximo de diseño (m<sup>3</sup>/s).

$F_b$ : Factor de fondo

$F_s$ : Factor de orilla

Valores de  $F_b$  y  $F_s$ :

Material grueso  $F_b = 1.20$

Material fino  $F_b = 0.80$

Material suelto  $F_s = 0.10$

Material ligeramente cohesivo  $F_s = 0.20$

Material cohesivo  $F_s = 0.30$

#### D. Método de Altunin.

Para hallar el ancho estable con el método de Altunin se tiene la siguiente ecuación.

$$B = E \left( \frac{Q}{S^{1/2}} \right)^{\frac{3}{3+5m}}$$

Ecuación n° 24: Ancho estable según Altunin.

Donde:

B: Ancho de encauzamiento del cauce en (m).

Q: Cauda máximo de diseño (m<sup>3</sup>/s).

S: Pendiente del fondo del cauce m/m.

m: Coeficiente del tipo de río (Adimensional)

Valores de m:

Ríos en zona montañosa m = 0.50

Cauces aluviales m = 1.00

Cauces arenosos m = 0.70

E: Coeficiente de altunin

$$E = (nK^{5/3})^{\frac{3}{3+5m}}$$

n: Rugosidad del cauce

K: Coeficiente de forma.

Valores de K:

Cauces en material aluvial K = 8 a 12

Ríos con orillas difícil de erosionar K = 3 a 5

Ríos con orillas erosionables K = 16 a 20

Valor práctico K = 10

### E. Recomendación práctica.

Para hallar el ancho estable por recomendación práctica, se da en función del caudal.

**Tabla n° 1:** Recomendación práctica del ancho estable en función del caudal.

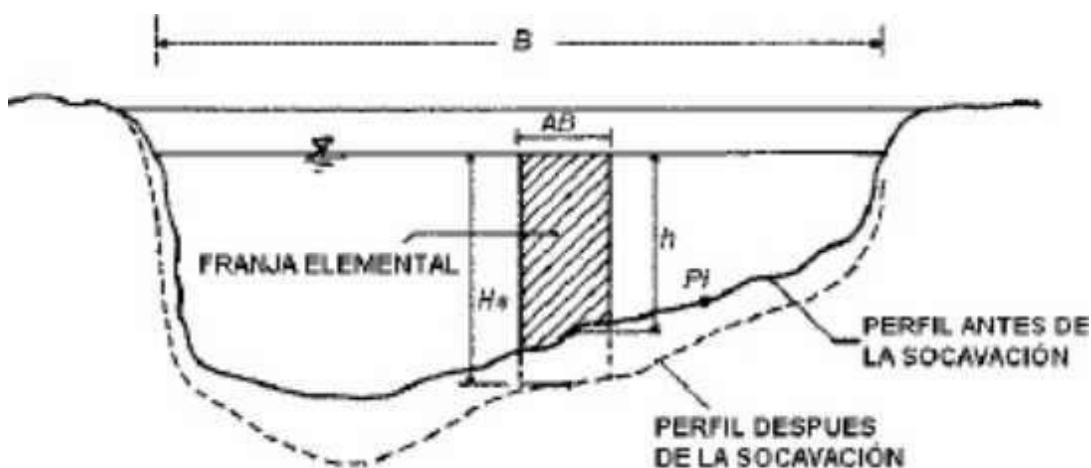
Recomendación Práctica	
Q (m <sup>3</sup> /s)	Ancho Estable (B)
3000.00	200.00
2400.00	190.00
1500.00	120.00
1000.00	100.00
500.00	70.00

**Fuente:** Cconsilla, 2017, p.38

### 1.3.2.3. Socavación

Juárez B. y Rico R. (Como se citó en Arias y Muñoz, 2015) señala que:

La socavación normal o general es el movimiento, arrastre o suspensión de las partículas sólidas propias del lecho, generadas por la capacidad que presenta el flujo que se desplaza por el cauce. Este fenómeno ocurre según factores como la geología y topografía del río, también de las propiedades hidráulicas del flujo y de las partículas de arrastre.



**Figura n° 16:** Sección transversal de un cauce afectado por socavación

**Fuente:** Mecánica de Suelos (Flujo de agua en suelos Juárez B. y Rico R., p.370)

Debido a que la socavación de un cauce no se puede calcular con exactitud, se toman valores de proximidad, que se obtienen a través de fórmulas empíricas, con datos reales del cauce, como caudal, material, cantidad de transporte de sedimentos, entre otros.



## **A. Profundidad de Socavación.**

### **a) Causas de socavación en cauces de ríos.**

Flores (2015) relata que las causas de socavación se originan por:

- **Aumento de caudal:** Ocurre cuando se da las máximas avenidas, por lo que aumentan su fuerza tractiva, velocidad media, y capacidad de transporte.
- **Interrupción del transporte sólido:** Se produce cuando se reduce el transporte de sedimentos, por lo que se genera una capacidad menor de transporte de sedimentos y como efecto se tiene erosión y profundidad de socavación.
- **Estrechamiento del cauce:** Se ocasiona por la presencia de una estructura en el tramo, generando el incremento de velocidad del flujo y arrastre de sólidos, ocasionando una profundidad en el cauce.
- **Caudal en tramos curvos:** En las curvas fluviales hay tendencia de erosión y la socavación tendría lugar en la margen interior
- **Confluencia Fluvial:** Esto se realiza cuando se recibe aguas de un afluente.
- **Pilares y Estribos:** Se produce cuando se tiene una estructura como pilares de puentes o estribos, dando paso a la erosión local debido a la formación de vórtices que ejerce con esta estructura.

### **b) Clases de Socavación**

Se tiene dos tipos de socavación: Socavación general la que se da en todo el cauce sin que haya alguna estructura, ya sea un puente, bocatoma, etc. Y la socavación local, la que se da por la existencia de una estructura en el cauce (Flores, 2015).

### **c) Socavación General.**

Flores (2015) refiere que la socavación general es el resultado de disminución del nivel del fondo de cauce y del nivel del flujo del agua; además esta socavación puede ocurrir tanto en longitud y ancho del río debido a la ocurrencia de una avenida.

La socavación general se analizará con la fórmula de Lischtván – Levediev debido que es el que más se ajusta a los trabajos ejecutados en cauces naturales definidos de acuerdo a (Terán, 1998).

### **Lischtvan – Levediev.**

Este método considera en el cálculo parámetros como: el caudal del flujo, el tirante, el área hidráulica, y las características de los materiales del fondo.

Según Lischtvan - Levediev (Maza, 1967). Las expresiones matemáticas para la evaluación de la socavación se presentan a continuación:

Para cauces granulares:

$$y_s = \left( \frac{\alpha \cdot y_0^{5/3}}{0.68 \cdot D_m^{0.28} \cdot \beta \cdot \psi} \right) 1 / (1 + z)$$

Ecuación n° 25: Altura de socavación en suelos granulares Según Lischtvan-Levediev.

Para cauces cohesivos:

$$y_s = \left( \frac{a \cdot y_0^5}{0.60 \cdot \gamma \cdot 1.18 \cdot \beta \cdot \psi} \right) 1 / (1 + X)$$

Ecuación n° 26: Altura de socavación en suelos cohesivos Según Lischtvan-Levediev.

$$\alpha = \left( \frac{Q_d}{(Hm)^{5/3} \cdot Be \cdot \mu} \right)$$

Ecuación n° 27: Parámetro de altura de socavación.

Dónde:

$y_s$ : Altura entre el nivel de flujo y el fondo erosionado, tras pasar una avenida.

$y_0$ : Altura entre el nivel de flujo tras pasar una avenida y el fondo inicial (medio antes de la avenida).

$y_0, y_s$ : Altura medida en forma vertical en la sección deseada.

$Hm$ : Tirante medio entre el nivel del flujo al ocurrir una avenida y el fondo inicial. Se determina al dividir el área hidráulica entre el ancho de la superficie libre  $Be$ .

$Be$ : Ancho de la superficie libre al ocurrir la avenida.

$Q_d$ : Caudal de diseño.

$D_m$ : Diámetro medio en un material del fondo friccionante.

$Z$ : Exponentes en función de  $D_m$  con respecto al tipo de material de fondo.

$\beta$ : Coeficiente en función del período de retorno del caudal de diseño.

$\mu$ : Coeficiente en función a la contracción del cauce.

$\psi$ : Coeficiente en función de la concentración del material transportado en suspensión.

#### **1.3.2.4. Erosión de Suelos**

G. Duque y C. Escobar, 2002. Se refiere al desbroce de suelo de la superficie, mayormente por acción del agua, ya sea en precipitación, escorrentía o máximas avenidas, desprendiendo las partículas de suelo

Demasiados diseños exigen la eliminación de vegetación y excavaciones de terreno ocasionando daños en la naturaleza, afectando las márgenes del río por el aumento de la sedimentación.

La erosión edáfica se da de manera natural. Los principales procesos de eliminación de la sedimentación es el transporte en cantidad.

Gran parte de lo que se sabe actualmente relacionado a la erosión es gracias los servicios de conservación de suelo de norte américa, sus pronósticos sobre erosiones han incrementado la difusión de (Universal soil loss equation). La primordial causa de la erosión es la caída constante de precipitaciones, las que desprenden los terrenos, reduce la infiltración y extiende la escorrentía; el anómalo se basa en una partición de la parte hidrológica e hidráulica, y características del terreno, la parte hidrológica se encarga de la infiltración y con esto también de las lluvias ayudando al flujo superficial. Mientras que la parte hidráulica establece la fuerza del suelo al traslado del flujo.

La erosión del suelo, desgaste y depósito de sedimento son procesos que poseen distintas definiciones en los métodos de erosión.

##### **A. Erosión hídrica**

Esta es ocasionada por las precipitaciones al impactar en el terreno descubierto, así mismo el suelo es transportado a través de los taludes de canales naturales.

###### **a) Saltación pluvial**

Las precipitaciones en los terrenos expuestos, sin vegetación, causa el transporte de los finos.

###### **b) Escurrimiento superficial difuso**

Tiene que ver con la erosión laminar en los taludes libres de vegetación afectado por la precipitación que provoca el arrastre de finos. Este escurrimiento sucede si la velocidad es menor a  $30 \text{ cm. x seg}^{-1}$ .

**c) Escurrimiento superficial concentrado**

Cuando este pasa por un canal ya sea natural o revestido, cada vez que el flujo tiene turbulencia, con la sola fuerza del agua los canales erosionan, existen 4 periodos como encallado de canal, erosión desde la base, cicatrizar y estabilizar.

**d) Escurrimiento sub superficial**

El agua que se infiltra produce tubificación en el suelo, creando concavidades, ya que la fuerza del agua es mayor a la del terreno.”

Consideraciones de erosiones hídricas que deben tomarse en cuenta:

- La geoforma denudativa creada por erosión.
- El fenómeno dinámico asociado al transporte de masas.
- El sedimento y colmatación en los márgenes del río.

**e) Valoración del efecto de la erosión hídrica**

Se usará la siguiente fórmula:

$$Q_R = K(E)^\alpha$$

Ecuación n° 28: Erosión por lluvia.

Donde:

Q. R = Erosión por lluvia.

K = coeficiente de proporción.

E = energía cinética de lluvia.

$\alpha$  = una constante que depende del tipo de suelo (baja en arcillas y alta en arenas).

$$A = RK (LS) CP$$

$$R = EI_{30}$$

Ecuación n° 29: Promedio de pérdidas de suelo.

Donde:

A = promedio de pérdida de suelos en ton. X ha.

R = factor de la lluvia.

E = energía de una lluvia.

I<sub>30</sub> = intensidad en 30 min.

K = factor de erosión de suelo

L.S. = longitud de pendiente y su magnitud (depende de su topografía).

C. = factor de uso de suelo (árido = 1; pradera = 0.1; selva y bosque = 0.01).

## B. Erosión fluvial

Esta es presentada en los ríos, donde el agua tiene mayor fuerza venciendo al terreno donde se da el proceso de socavación lateral y fondo. Donde estos mueven mayormente a los limos y arcillas, también a material granular, ya sea arena o grava y bloques donde hay transporte en suspensión y transporte de fondo.

### a) Los torrentes

Son corrientes de agua que hay en lugares montañosos las que tienen gran pendiente, estas arrastran grandes cantidades de terreno cuando hay máximas avenidas.

Los torrentes son laboratorios de forma natural donde se estudia la erosión, dividida en 3 partes:

- Cuenca de recepción, predominando la excavación.
- Canal de desagüe, en el que existe erosión y sedimentación de suelo.
- Cono de deposición, en el que es formado un abanico por exceso de material.

El torrente permite planear una gran parte de problemas de erosión por lluvias y elegir la forma de trabajo del fluido de los ríos: Carga de material, transporte y sedimentación.

TIPO	ACCIÓN	EFECTOS
<p><b>EROSIÓN POR LLUVIA:</b> La acción de las aguas lluvias, con la contribución de otros agentes climáticos, sobre la superficie del interfluvio.</p> <p>NOTA: Las crestas del interfluvio son laderas (naturales) y taludes (construidos).</p>	<p><b>Saltación pluvial:</b> Desalojo y dispersión por gotas de lluvia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacto de la gota de agua.</li> <li>• Reducción de la capa de infiltración.</li> <li>• Destrucción de los poros y de las fisuras del suelo expuesto.</li> </ul>
	<b>ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL DIFUSO</b>	
	<p><b>Erosión laminar:</b> Arrastre uniforme de capas de suelo a muy corta distancia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escurrimiento de suelos limosos y arenosos.</li> <li>• Es fuente importante de sedimentos.</li> </ul>

<b>ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL CONCENTRADO</b>		
	<i>Surcos de erosión:</i> El escurrimiento concentrado forma pequeños canales paralelos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destrucción de taludes y laderas.</li> <li>• Alto aporte de sedimentos.</li> <li>• Los canales se borran con perfilado y labranza.</li> </ul>
	<i>Cárcavas:</i> Son zanjones profundos y de gran tamaño, por lo tanto, son difíciles de controlar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acentuar el relieve promoviendo otras formas de inestabilidad.</li> <li>• Fuente importante de sedimentos.</li> <li>• Corrección de alto costo.</li> </ul>
<b>ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL</b>		
<b>EROSIÓN INTERNA:</b> Por flujo subterráneo.	<i>Tubificación y cavernas:</i> Debilitamiento interno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede originar manantiales, cárcavas y hundimientos.</li> </ul>
<b>EROSIÓN FLUVIAL</b>	<i>Socavación de fondo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profundidad el fondo de los cauces naturales.</li> </ul>
	<i>Socavación lateral</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elimina el soporte de laderas.</li> </ul>
	<i>Descarga torrencial</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectos devastadores en los márgenes del cauce.</li> </ul>

**Tabla n° 2:** Proceso de erosión hídrica y su contribución a la inestabilidad.

**Fuente:** G. Duque y C. Escobar, 2002. p.70.

### **b) Remoción en masa**

Se refiere al transporte directo de material, a través de la gravedad, sin la ayuda de otros agentes.

- **Desplazamiento en masa**

Es el movimiento de los materiales, cuando estos se encuentran en un estado plástico, de manera lenta o veloz.

- **Transporte en masa**

Pasa de un movimiento veloz a demasiado veloz, de mezclas de aguas viscosas suelos granulares, los que van a través de los ríos o terrenos cercanos.

### c) Dinámica fluvial

La velocidad fluvial se da por:

$$v = C\sqrt{RS}$$

Ecuación n° 30: Velocidad de una corriente fluvial.

Donde: C = coeficiente-de-rugosidad-de-Chezy-la que se da en 30 y 90 la primera para pequeños cauces y la segunda en grandes cauces de baja-rugosidad.

S = radio hidráulico (cociente A/P) en m.

I = pendiente del fondo del canal.

$$R = A/P$$

Ecuación n° 31: Radio hidráulico.

Donde: A =, área hidráulica de una sección de río o canal en m<sup>2</sup>.

P = perímetro mojado en m.

También expresa el área de la sección en función del caudal y lleva el resultado R a v, dando:

$$v = C\sqrt[3]{\frac{C^2 * Q * A}{P}}$$

$$\text{siendo } C = 1/n$$

Ecuación n° 32: Ecuación despejada de la velocidad de una corriente fluvial.

Donde: Q = caudal en m<sup>3</sup>/seg.

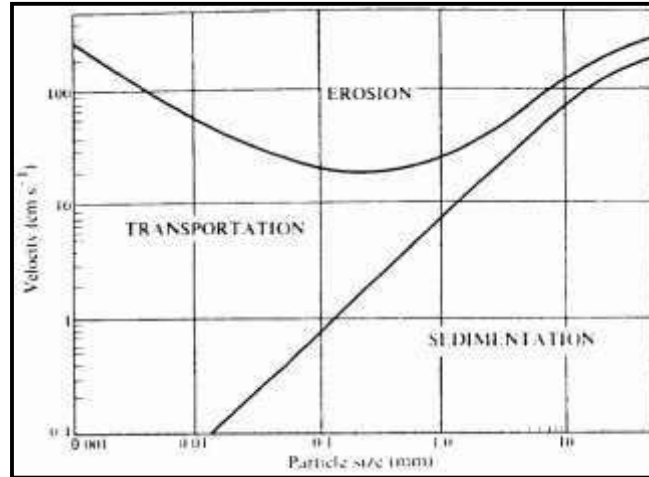
P = perímetro-mojado en m.

A = área hidráulica en m<sup>2</sup>.

n = coeficiente de Manning

La V de la corriente no se presenta constantemente en el área inundada.

La velocidad media de la corriente se da entre el 60 % a 80% de la velocidad máx., la que no necesariamente está en el centro del río, sino que oscila pasando de una a otra orilla, y en la vertical se sumerge algo.



**Figura n° 17:** Relación entre el diámetro de las partículas y la velocidad de erosión y sedimentación.

**Fuente:** Hjulstrom, 1935.

### 1.3.2.5. Control de erosión en taludes y obras de ingeniería.

#### A. Diseño de taludes

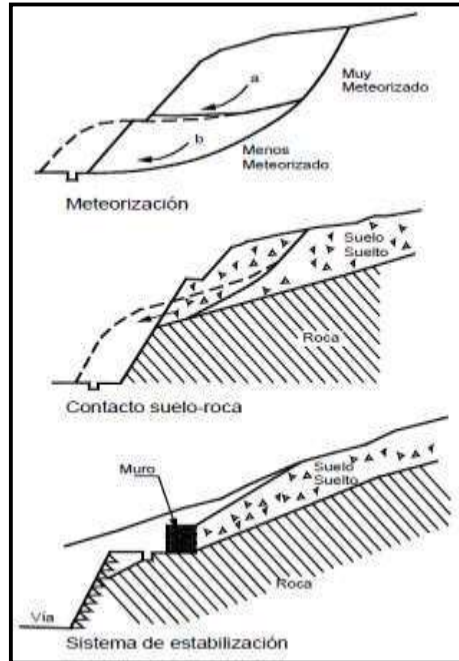
J. Suárez Díaz, 2001. El diseño de un talud debe incluir como mínimo lo siguiente:

- Diseño de forma del talud, pendiente, berma, etc.
- Diseño de obras de manejo de aguas de escorrentía.
- Diseño de obras de protección de la superficie de terreno. (Bioingeniería o recubrimientos)
- Diseño de obras de control geotécnico (Sub drenajes, muros y otros sistemas de estabilización).

#### B. Pendiente del talud

Para el diseño de la pendiente del talud se debe analizar a detalle las condiciones de litología, estructura y meteorización de los materiales constitutivos del talud. El suelo y la roca son materiales extremadamente complicados y heterogéneos y tienden a deteriorarse con el tiempo. Los suelos residuales por la presencia de discontinuidades estructurales son especialmente difíciles de manejar.





**Figura n° 18:** Fallas y estabilización en suelos residuales.

**Fuente:** J. Suárez, 2001, p.350.

Para decidir el valor de la pendiente y la forma del talud se debe realizar un juicio en conjunto, analizando la influencia de todos los factores. En este estudio se puede requerir realizar ensayos de laboratorio y análisis de estabilidad, utilizando modelamientos matemáticos y físicos.

El cálculo de factores de seguridad utilizando modelos matemáticos determinísticos como los de Fellenius, Bishop Janbú o tantos otros es una práctica de ingeniería muy utilizada; Sin embargo, no siempre se dispone de información geotécnica suficiente y se requiere utilizar criterios empíricos generales. El uso de sistemas semiempíricos requiere de mucho cuidado especialmente si la experiencia no proviene de taludes en las mismas condiciones topográficas, climáticas y geotécnicas.

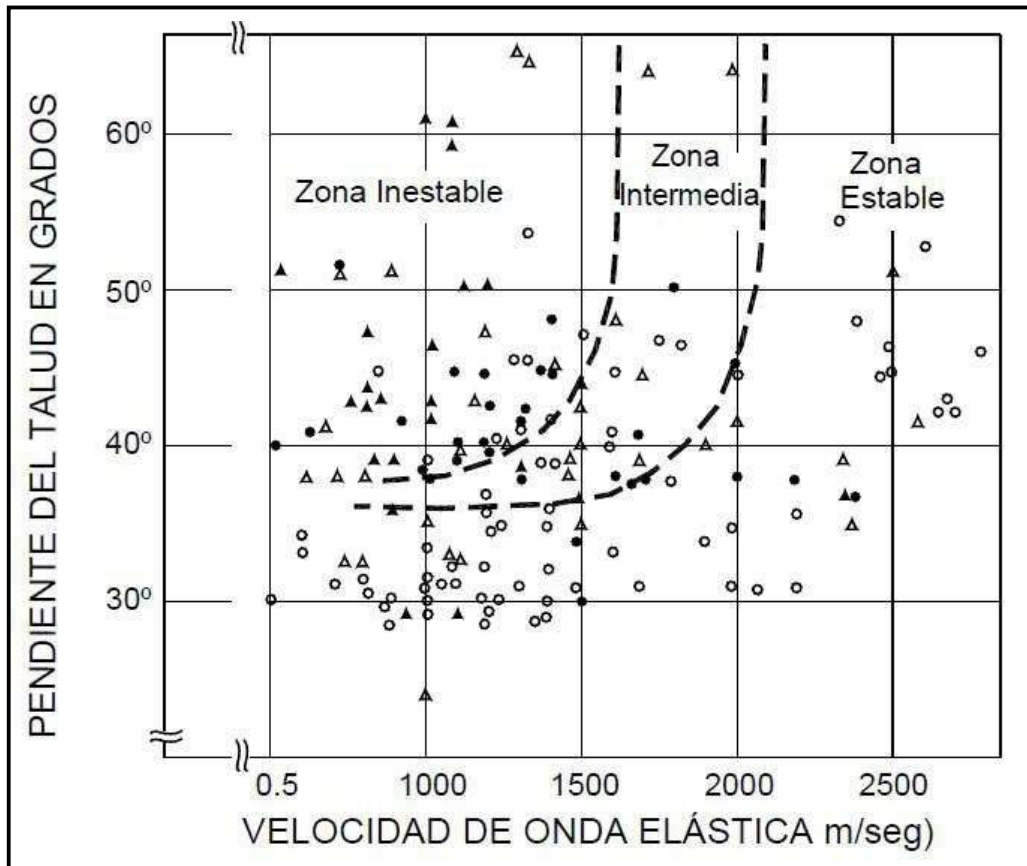
A continuación, se presenta una empírica de pendientes típicas utilizadas para taludes en cortes de carreteras.

Material	Propiedades	Altura del corte (m)	Pendiente sugerida
Roca dura			0.3H:1V a 0.8H:1V
Roca blanda			0.5H:1V a 1.2H:1V
Arena	Poco densa		1.5H:1V a 2H:1V
Suelo arenoso	Denso	Menos de 5	0.8H:1V a 1H:1V
		5 a 10	1H:1V a 1.2H:1V
	Poco denso	Menos de 5	1H:1V a 1.2H:1V
		5 a 10	1.2H:1V a 1.5H:1V
Mezcla de arena con grava o masas de roca	Densa	Menos de 10	0.8H:1V a 1H:1V
		10 a 15	1H:1V a 1.2H:1V
	Poco densa	Menos de 10	1H:1V a 1.2H:1V
		10 a 15	1.2H:1V a 1.5H:1V
Suelos cohesivos		0 a 10	0.8H:1V a 1.2H:1V
Suelos cohesivos mezclados con masas de roca o bloques		Menos de 5	1H:1V a 1.2H:1V
		5 a 10	1.2H:1V a 1.5H:1V

**Tabla n° 3:** Pendientes típicas para taludes en cortes de carreteras (Adaptada de Japan Road Association, 1984).

**Fuente:** J. Suárez, 2001, p.351.

Para determinar la pendiente del talud, en ocasiones se utiliza la información de la velocidad de onda elástica ( $V_p$ ) a través del material.

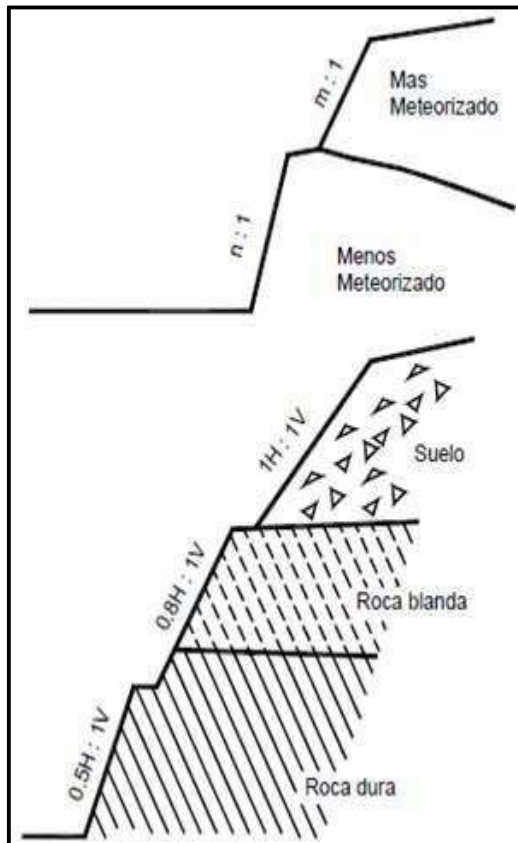


**Figura n° 19:** Taludes estables e inestables en roca de acuerdo a la velocidad de onda elástica (Japan Road Association, 1984).

**Fuente:** J. Suárez, 2001, p.351.

### C. Taludes de pendiente combinada

En la mayoría de los casos la resistencia y calidad de los materiales varía de acuerdo a la profundidad de la excavación y se requiere tener en cuenta estas diferencias para definir la pendiente. La solución más utilizada es la construcción de pendientes combinadas de acuerdo a las características del material.



**Figura n° 20:** Pendientes variables de taludes en suelos residuales.

**Fuente:** J. Suárez, 2001, p.352.

#### **D. Bermas intermedias**

Se deben construir bermas en lugares de diferente pendiente y en lugares donde se necesite para tener un factor de seguridad adecuado ante el deslizamiento. La localización y ancho de estas depende del propósito de las mismas.

#### **E. Bermas para manejo de aguas de escorrentía y control de erosión**

Estas de forma general tienen un ancho de 1 – 2 m. y se colocan entre 5 y 10 m., dependiendo del tipo de suelos y con sitios de cambio de pendiente del talud. En terrenos erosionables las bermas deben tener una pendiente de 5 – 10 % hacia dentro del talud y se deben construir una cuneta revestida en la parte interior para controlar y manejar las aguas de escorrentía. La pendiente longitudinal debe ser mayor a 3 % para garantizar la salida rápida y eficiente del agua recolectada.

## **F. Bermas para aumentar el factor de seguridad contra deslizamiento**

En algunos casos se necesita construcción de bermas anchas en suelos cohesivos para aumentar factores de seguridad ante el deslizamiento. En suelos granulares (gravosos o arenosos) es necesario disminuir la pendiente del talud para construir bermas que pueden ser inestables por la pendiente que hay entre ellas.

Construir terrazas en la parte superior de un deslizamiento de rotación tiende a reducir el momento actuante y controlar el movimiento. Si la construcción se hace en la parte inferior se logra el proceso inverso de disminuir el factor de seguridad (F.S.). En el deslizamiento de traslación y en ciertos flujos, no siempre es efectivo emplear los métodos de remoción de materiales.

El efecto es disminuir las fuerzas actuantes, en el lugar más crítico para la generación de momentos desestabilizantes. En esta forma el círculo crítico de falla se hace más profundo y más largo, aumentando el factor de seguridad (F.S.).

Al construir las terrazas, el talud queda dividido en varios taludes, de los diferentes comportamientos, los cuales deben ser estables. El terraceo se realiza con el fin de controlar la erosión y facilitar la vegetación.

La altura de las gradas generalmente es, de 5 – 7 m, c/u de estas deben tener una cuneta revestida para controlar el agua superficial. El sistema de cunetas a su vez debe conducir a una estructura que recolecte y entregue sus respectivos elementos de disipación de energía.

En suelos residuales generalmente, la grada más alta debe tener una menor pendiente, considerando que el suelo subsuperficial es generalmente el que resiste menos. Las terrazas son muy útiles para control de aguas de escorrentía.

En todos los casos se debe considerar el efecto que puede tener sobre taludes arriba y abajo de la terraza a excavar.

## **G. Criterios generales para el diseño de bermas y pendientes**

Para diseñar bermas y pendientes se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

### a) Formación geológica

A mayor competencia de la roca, se permite mayor pendiente y altura. Las areniscas, rocas ígneas duras, sanas y calizas permiten taludes casi verticales y grandes alturas. Los esquistos y lutitas no permiten los taludes verticales.

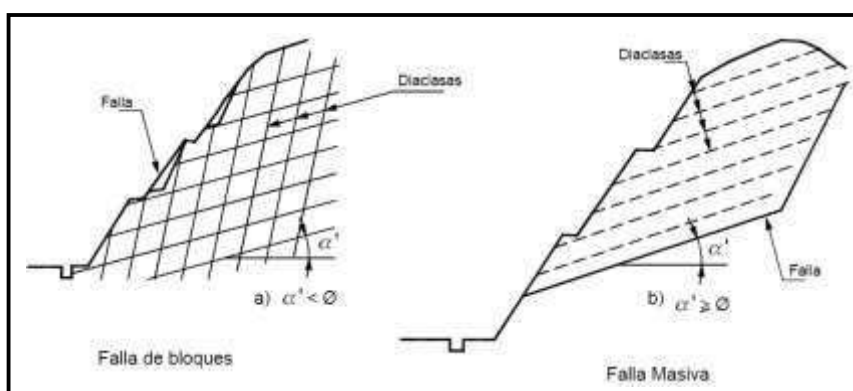
### b) Meteorización

Al aumentar la meteorización se requieren taludes menos pronunciados, menor altura entre bermas y mayor ancho de gradas. Los materiales muy meteorizados requieren de taludes menores a 1H: 1V, en la mayoría de formaciones geológicas no permiten alturas entre bermas mayores a 7 m. y requieren anchos mínimos de berma de 4 m.

Para cortes en materiales meteorizados, la pendiente en la parte más profunda del corte permite ángulos mayores a la cabeza del talud. Es recomendable para cortes de gran altura establecer ángulos de diferente pendiente para el pie y cabeza del corte, adaptándolos a la intensidad del proceso de meteorización.

### c) Microestructuras y estructuras geológicas

Si las discontinuidades se encuentran bien cementadas, las pendientes de los taludes no deben tener ángulos mayores al buzamiento de las diaclasas o planos de estratificación. Entre menos espacio en las discontinuidades se requiere menores pendientes de talud. Para materiales muy fracturados se necesitan taludes, bermas y alturas similares a los que se recomiendan para materiales meteorizados.



**Figura n° 21:** Modos de falla en taludes de roca fracturadas.

**Fuente:** J. Suárez, 2001, p.353.

#### **d) Minerales de arcillas**

Los suelos que presenten grandes cantidades de arcillas activas, tipo Montmorillonita, requieren pendientes de taludes menores a 2H:1V. Los suelos con Kaolinita permiten taludes hasta 1H:1V. Las diferencias de altura entre bermas de suelos arcillosos no deben ser mayores de 5 m. y las gradas deben tener ancho mínimo de 4 m.

#### **e) Niveles freáticos y comportamiento hidrológico**

Los suelos saturados no permiten taludes mayores a 2H:1V salvo que tengan una cohesión alta.

#### **f) Sismicidad**

En zonas con alta sismicidad no se deben construir taludes semi verticales o de pendientes mayores a 0.5H:1V, salvo que se trate de rocas muy sanas.

#### **g) Factores antrópicos**

En zonas urbanas no es recomendable construir taludes con pendientes mayores a 1H:1V y las diferencias de alturas entre bermas no deben ser mayores a 5 m.

#### **h) Elementos en riesgos**

Los taludes con riesgo de vida humana, deben tener mayor factor de seguridad (F.S.).

### **H. Soluciones a problemas específicos de estabilidad**

#### **a) Cambios bruscos de litología**

Cuando existen cambios fuertes de litología por la presencia de coluviones, capas de suelos blandos y o perfiles meteorizados, se necesitará construir una berma ancha en el lugar de cambio de litología y construir estructuras de estabilización en la berma.

#### **b) Presencia de estructuras heredadas**

Las capas de roca y suelos residuales poseen gran cantidad de fracturas o superficies débiles, para este caso las pendientes de los taludes deben ser determinadas por la ubicación y buzamiento de fracturas. Cuando se encuentran estratos muy blandos se puede tender el talud por la estratificación.

#### **c) Presencia de niveles freáticos**

Cuando existen niveles freáticos dentro del talud se requiere pendientes muy suaves en la zona saturada o la construcción de sistemas de subdrenaje profundo (previamente a la realización del corte).

#### d) Taludes de gran altura

Cuando se realizan cortes de taludes muy grandes, estos logran producir fallas catastróficas y se necesitan realizar diseños y estudios específicos, dependiendo de las características, geotécnicas, geológicas, e hidrogeológicas de cada lugar.

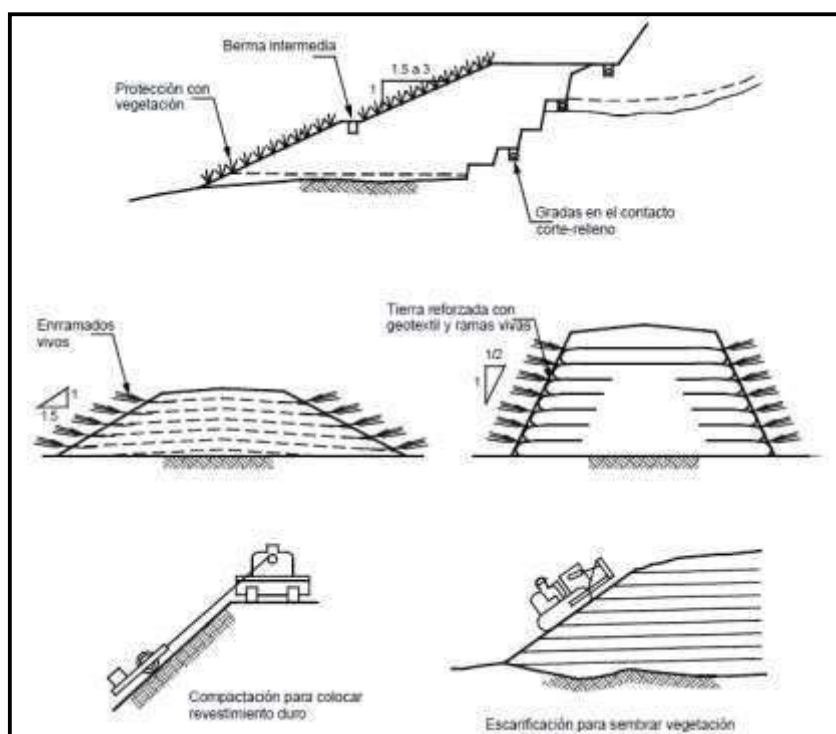
#### I. Gradadas para establecimiento de vegetación

Los taludes pueden diseñarse con gradadas, las que permiten que se desarrolle la vegetación. Su diseño está dado por las características del talud, topografía y sistema de vegetación a utilizar. Se pueden construir trinchos para garantizar la estabilización de las gradadas.

#### J. Taludes en terraplenes

Estos se diseñan teniendo en cuenta las características de los materiales disponibles, el suelo donde se cimentará y las condiciones de estabilidad y ejecución en el lugar.

Generalmente se utilizan pendientes uniformes, con bermas a una determinada altura. La pendiente a utilizar depende de la pendiente del talud (Tabla n°4).



**Figura n° 22:** Diagramas de manejo de relenos.

**Fuente:** J. Suárez, 2001, p.354.



Material de relleno	Altura de relleno (m)	Pendiente
Arena o grava de buena calidad SW, GM, GC, GW, GP	Menos de 5	1.5H:1V a 1.8H:1V
	5 a 15	1.8H:1V a 2H:1V
Arena de mala calidad SP	Menos de 10	1.8H:1V a 2H:1V
Material rocoso	Menos de 10	1.5H:1V a 1.8H:1V
	10 a 20	1.8H:1V a 2H:1V
Suelos areno arcillosos de buena calidad	Menos de 5	1.5H:1V a 1.8H:1V
	5 a 10	1.8H:1V a 2H:1V
Suelos arcillosos blandos	Menos de 5	1.8H:1V a 2H:1V

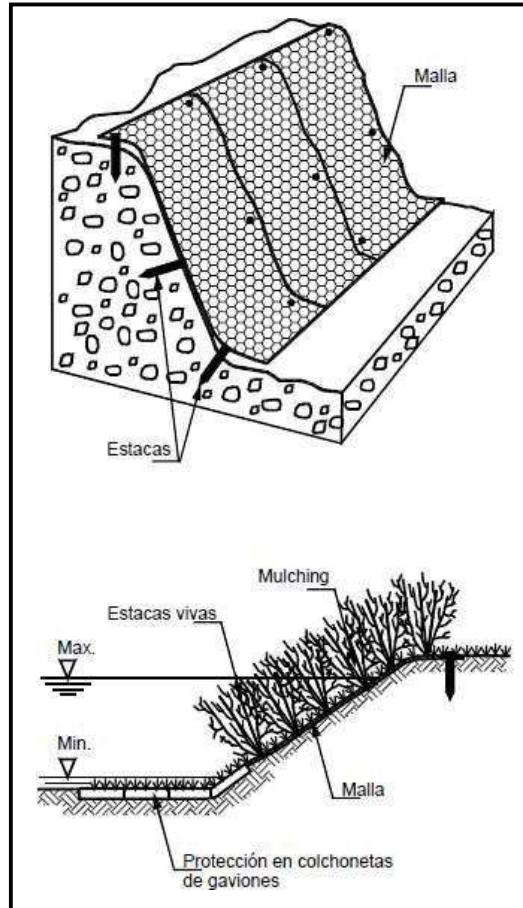
**Tabla n° 4:** Pendientes típicas para taludes en relleno.

**Fuente:** J. Suárez, 2001, p.355.

También en los rellenos se pueden requerir pendientes combinadas cuando se trabaja con espesores diferentes de materiales diferentes.

Se debe tener especial cuidado en el diseño del sistema de drenaje debajo y detrás del relleno para garantizar la estabilidad y la compactación del suelo subsuperficial de los taludes del terraplén. La superficie de contacto entre el suelo natural y el relleno debe trabajarse en superficies semiplanas o terrazas que permitan una excelente integración entre el relleno y el suelo de fundación. Adicionalmente, se debe construir sistemas de manejo de las aguas de escorrentía y protecciones para las superficies de los taludes.

Debe tenerse especial cuidado en la compactación de la superficie de los taludes, para lo cual se recomienda compactar en forma inclinada, utilizando un sistema de rodillo y/o buldózer. En la mayoría de los casos se requiere proteger el talud con mantos o vegetación (Figura n°22).



**Figura n° 23:** Protección de la superficie de un talud en corte.

**Fuente:** J. Suárez, 2001, p.355.

### 1.3.2.6. Diseño del Filtro.

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del M.T.C. (2013) en su capítulo IV establece que el filtro con material granular, debe ser colocado como una capa entre el enrocado y el dique. Este tipo de filtro tiene la función de no permitir el despego de finos del material del dique, ni pasar a través de los espacios pequeños de estos dos elementos. Se debe cumplir lo siguiente:

$$\frac{d_{15}(\text{Filtro})}{d_{85}(\text{Base})} < 5 < \frac{d_{15}(\text{Filtro})}{d_{15}(\text{Base})} < 40$$

Ecuación n° 33: Diseño de Filtro.

$$\frac{d_{50}(\text{Filtro})}{d_{50}(\text{Base})} < 40$$

Ecuación n° 34: Condición de Filtro.

### **1.3.2.7. Fondo de cimentación.**

Maldonado (2016) señala: “El fondo de cimentación está en función de la altura de socavación general” (p.09).

$$\text{Cota de fondo} - \text{cota de socavación} = P$$

Ecuación n° 35: Condición de Filtro.

### **1.3.2.8. Profundidad de uña.**

Para determinar la profundidad de uña se analiza la socavación y con esta se tiene hasta donde se socavará el cauce, de esta forma se tendrá la altura de cimentación de la estructura, también dependerá del tipo de material que tiene la base de la sección transversal del cauce.

## **1.3.3. Normativa**

### **1.3.3.1. Técnica**

- ✓ Manual de hidrología, hidráulica y drenaje.
- ✓ N.T.P.339.127: Contenido de Humedad.
- ✓ N.T.P.339.128: Método para el análisis granulométrico por tamizado.
- ✓ N.T.P.339.131: Gravedad específica de sólidos.
- ✓ N.T.P.339.141: Próctor modificado.
- ✓ N.T.P.339.171: Corte directo.
- ✓ N.T.P.339.035: Asentamiento del concreto con el cono de Abrams.
- ✓ N.T.P.339.034: Resistencia a la compresión.

### **1.3.3.2. Ambiental**

- ✓ Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338).
- ✓ Ley General del Medio Ambiente (Ley N° 28611).

### **1.3.3.3. Seguridad y salud ocupacional**

Acorde a la Ley N°129783, de Seguridad y Salud en el Trabajo y Reglamento, aprobada mediante D.S. N°1005-2012-TR, las empresas tienen que cumplir lo siguiente:

- Contar con una Política y Objetivos en materia de seguridad y salud en el trabajo.
- Contar con un Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Contar con la Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y sus Medidas de Control.

- Elaborar, conjuntamente con los trabajadores, el Mapa de Riesgo y exhibirlo en un lugar visible.
- Contar con un Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Contar con el Programa Anual de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Registro de Accidentes de Trabajo, Enfermedades Ocupacionales, Incidentes Peligrosos y otros incidentes, en el que deben constar la investigación y las medidas correctivas.
- Registro de Exámenes Médicos Ocupacionales.
- Registro del Monitoreo de Agentes Físicos, Químicos, Biológicos, Psicosociales y Factores de Riesgos Disergonómicos.
- Registro de Inspecciones Internas de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Registro de Estadísticas de Seguridad y Salud.
- Registro de Equipos de Seguridad o Emergencia.
- Registro de Inducción, Capacitación, Entrenamiento y Simulacros de Emergencia.
- Registro de Auditorías.
- Contar con un Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, con un Libro de actas y Libro de Actas del acto de elección de los representantes de los trabajadores ante el Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Para elaborar el Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo, identificación de peligros y evaluación de riesgos, el plan de seguridad y salud en el trabajo, el Programa Anual de Seguridad y Salud en el Trabajo y los registros (a excepción del Registro de Exámenes Médicos Ocupacionales) se puede tomar como referencia la guía aprobada por la R.M.1050-2013-TR del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, la cual indica la información mínima que deben contener los registros del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (S.G.S.S.T.).

#### **1.3.3.4. Legal**

- ✓ Reglamento de operadores de infraestructura hidráulica.
- ✓ Ley N°128806, “Ley General de Inspección del Trabajo”, del 19/07/2006.
- ✓ D.S. N° 01912006 T.R., “Reglamento de la Ley General de Inspección del Trabajo”, del 28-10-2006.
- ✓ Ley N°129783, “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”, del 20/08/2011.

- ✓ D.S. N° 005/2012/TR, Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, del 24/94/2012.
- ✓ Ley N° 29981, “Ley que crea la Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral (S.U.N.A.F.I.L.)”, del 14/01/2013.
- ✓ D.S. N° 009/97 S.A., “Reglamento de la Ley de Modernización de la Seguridad Social en Salud (Ley 26790), del 08/09/1997.
- ✓ D.S. N° 003/98 S.A., “Normas Técnicas del Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo”, del 13/04/1998.
- ✓ Ley N° 28048, Ley de protección de la Mujer Gestante que realiza labores que pongan en Riesgo su Salud y/o el Desarrollo Normal del Embrión y el Feto, del 08/07/2003.
- ✓ D.S. N° 09/2004 T.R., Reglamento de la Ley de Protección de la Mujer Gestante, del 20/07/2004.
- ✓ Resolución Ministerial N° 374/2008 T.R., “Listado de Agentes Físicos, Químicos Biológicos, Ergonómicos y Psicosociales que generan Riesgo para la Salud de la Mujer Gestante y/o el Desarrollo Normal del Embrión”, del 30/11/2008.
- ✓ R.M. N° 375/2008 T.R., “Norma Básica de Ergonomía y Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico”, del 30/11/2008.
- ✓ R. Suprema N° 021/83 T.R., “Normas Básicas de Seguridad e Higiene en Obras de Edificación”, del 23/03/1983.
- ✓ D. S. N° 010/2009 VIVIENDA, “Aprueba la Norma Técnica de Edificación G-050 Seguridad Durante la Construcción”, del 09/05/2009.

#### **1.3.4. Gestión ambiental**

Se usará material de préstamo para el diseño del núcleo de canteras aledañas como “La Victoria”, “Tres Tomas”, donde ya hay una extracción de material con su respectivo estudio de impacto ambiental, con respecto a los elementos prefabricados que irán sobre la corona, se realizará la preparación de la mezcla con tal cuidado de no afectar el medio ambiente, si se realizara esta propuesta en campo no habrían dificultades en cuestiones ambientales, ni tampoco contaminación del agua ya que gracias a sus mantos que rodean a la defensa ribereña serán de materiales que impidan las filtraciones y hagan contacto con el núcleo de la estructura.

### **1.3.5. Gestión de seguridad y salud ocupacional**

Para la realización de las capas de la defensa ribereña se usarán maquinarias para poder transportar, nivelar y compactar los materiales necesarios para la construcción de su estructura, y para esto se respetarán las normas de seguridad para el trabajador, hablamos de su kit de implementos para uso en obra (chaleco, zapatos punta acero, lentes, casco, etc) también teniendo en cuenta la seguridad de la obra, habría personal contratado para posibles malas actitudes de personas desconocidas del proyecto.

### **1.3.6. Gestión de Riesgos y Prevención de desastres**

Para ello se hará un cálculo previo de la estructura misma es cuestión a sus parámetros hidráulicos, estudio de suelos, calidad de los materiales para su construcción. Se empleará un modelo físico usando las dimensiones y fuerza del flujo del agua calculada a escala, como un medio de prueba, realizando varios ensayos a distintos flujos y máximas avenidas para tener información de su máximo punto del cual sufriría el colapso de su estructura.

### **1.3.7. Gestión de Mantenimiento**

Asociación de Carreteras del Japón, 1984. Los trabajos de protección de taludes con estructuras se ejecutan donde el sembrado no es adecuado, donde cuya estabilidad no puede mantenerse solamente con el sembrado, o donde hay gran escala que pueden causar fallas, caída de rocas o expansión por congelamiento, de modo que el mantenimiento de estos taludes después de los trabajos debe ejecutarse cuidadosamente.

La inspección es lo más importante e indispensable del mantenimiento diario, ya que la detección temprana de las partes defectuosas hará la reparación más económica. La inspección se realiza con patrullas de inspección. El tipo de inspección requerido se determinará considerando la clase de talud, importancia de carretera, topografía, suelo y clima. Requiriendo inspección cuidadosa después de tifones, lluvias locales severas, lluvias fuertes, terremotos y otros fenómenos que pueden obstruir el tráfico por la carretera.

#### **a) Emboquillado de roca o bloque.**

- ✓ Desunión local de canto o rocas.
- ✓ Aflojamiento de emboquillado debido a sismos o meteorización de roca.
- ✓ Derrame de relleno, hundimiento de trabajos de protección.
- ✓ Asentamiento, Deslizamiento, alabeo o agrietamiento de trabajos de protección debido a la falla del talud.

- ✓ Condición y disposición de agua de manantial e infiltración.
- ✓ Condición de drenaje.
- ✓ Presencia de socavación de cimentación.
- b) Revestimiento de concreto.**
  - ✓ Grieta o deslizamientos.
  - ✓ Condición y disposición del agua de manantial y de infiltración.
  - ✓ Condición de drenaje.
  - ✓ Presencia de socavación de cimentación.
- c) Armazón de bloques de concreto.**
  - ✓ Aflojamiento o hundimiento de materiales llenados en el armazón.
  - ✓ Derrame de sedimento detrás del armazón.
  - ✓ Agrietamiento o alabeo del armazón.
  - ✓ Condiciones de drenaje.
  - ✓ Presencia de socavación de la cimentación.
- d) Armazón de concreto vaciado en sitio.**
  - ✓ Aflojamiento o hundimiento del material llenado en el armazón.
  - ✓ Agrietamiento en el armazón.
  - ✓ Condición de drenaje.
  - ✓ Presencia de socavación de la cimentación.
- e) Rociado de mortero o concreto.**
  - ✓ Grietas
  - ✓ Condición y disposición del agua de manantial y de infiltración.
  - ✓ Alabeo y deslizamiento.
  - ✓ Presencia de vacíos o aberturas entre el rociado y el terreno.
  - ✓ Condición de drenaje.
- f) Trabajo de cestería.**
  - ✓ Condición de deslizamiento debido al peso del sedimento depositado y la flotación debido a la erosión.
  - ✓ Deslizamiento debido al flujo de agua de lluvia o descomposición de estacas o encestado.
- g) Trabajos de gaviones.**
  - ✓ Condición de taponamiento por el sedimento y deslizamiento.
  - ✓ Presencia de oxidación en los alambres y aflojamiento de las rocas de relleno.

**h) Mallas de prevención de caída de rocas.**

- ✓ Corte en malla o cuerda.
- ✓ Acumulación de rocas caídas o sedimento.
- ✓ Anclajes sueltos.
- ✓ Terreno suelto detrás de las mallas, cambio de forma, condiciones de progreso del intemperismo.

**i) Vallas de prevención de caída de rocas.**

- ✓ Postes rotos o doblado de vallas, condiciones de descomposición.
- ✓ Acumulación de rocas caídas o sedimento.
- ✓ Intemperismo y fallas de cimentación.
- ✓ Talud superior suelto, cambio de forma, condiciones de progreso del intemperismo.

**1.3.8. Estimación de costos**

Cuando se quiera dar una estimación de costos, se toma a este proceso como un pronóstico, teniendo como procedencia información en el instante.

Se aplicaría la ayuda de software aplicado a los costos para determinar el valor monetario a lo largo del proyecto hasta su término.

Desde el inicio del proyecto surgen las partidas y por ende un cronograma de obra, lo que conlleva a realizar las estimaciones de costos, considerando retrasos, adelantos, paralizaciones, etc., sin embargo, todo debe finiquitar en un costo con todas las actividades realizadas y con un valor monetario totalmente exacto.

**1.3.9. Estado de Arte**

**a) Software Hec – Ras:**

El software Hec-Ras (hydrologic engineering center river analysis system) permite a sus usuarios realizar cálculo de caudal constante, unidimensional, bidimensional, así como también modelar el transporte de sedimentos, modelos de calidad de agua /agua y cama móvil. (US Army Corps of Engineers).

Gracias al software se puede simular flujos en cauces, artificiales o naturales, para así poder determinar el nivel de agua, teniendo como objetivo general realizar estudios de inundabilidad y determinar zonas inundables. (T.Y.C. G.I.S. 2017)





**Figura n° 24:** Modelamiento Hidráulico de un río con el Software Hec-Ras.

**Fuente:** Blog Curso Gis, 2017.

### **1.3.10. Definición de términos**

**DEFENSA RIBEREÑA:** Es una estructura que abarca grandes distancias y tiene por finalidad principal proteger a la población que habita en las márgenes.

**PREFABRICADO:** Se denominan Prefabricados a los elementos ensamblados entre sí, una vez que han sido manufacturados previamente en fábrica o en otro sitio cercano a la obra (moldeados, endurecidos, etc.).

**CONCRETO SIMPLE:** Mezcla de cemento Pórtland con agregado fino, grueso y agua, al cual no se agrega otro tipo de elemento para reforzar, tampoco posee elementos a parte de los especificados para el concreto reforzado, estos pueden ser vaciados in situ o prefabricados, sus características son: Resistencia óptima en compresión, resistencia al fuego durabilidad y moldeabilidad.

**TETRÁPODO:** Se trata de elementos prefabricados de concreto simple, cuya función es acoplarse entre ellas y estabilizarse geométricamente sobre sus tres pies de apoyo quedando en equilibrio.

**MÁRGENES:** Es la ribera o lado de un río o arroyo.

**EROSIÓN:** Es el desgaste y modelación de la corteza terrestre causados por la acción del viento, la lluvia, los procesos fluviales, marítimos y glaciales, y por la acción de los seres vivos.

**ACOPLAR:** Es la unión de los elementos prefabricados (tetrápodos), de manera que se ajusten uno entre otro.

**ESTABILIZAR:** Es la capacidad que tienen los elementos de aguantar las acciones generadas por el paso del agua sin volcar o caer.

**FLUJO TURBULENTO:** Movimiento de un fluido que se da en forma caótica, en la que las partículas se mueven de forma desordenada y tienen partículas que en su trayectoria que forman remolinos.

**COLAPSO:** Condición externa o interna que incapacita a una estructura o elemento estructural a cumplir la función para la que ha sido diseñada.

**TALUD:** Inclinación que se da a un terreno para que se sostengan las unas a las otras.

### **1.3.11. Ciencias aportantes a la investigación**

- ✓ Diseño Hidráulico (Hidráulica).
- ✓ Estructural (Física, Química y Mecánica).
- ✓ Mecánica de Suelos (Geotecnia, Geología y Edafología).

### **1.4. Formulación del Problema.**

¿Cuál es el criterio para el uso de tetrápodos en el Diseño hidráulico y estructural, con elementos prefabricados de concreto simple (Tetrápodos), para la defensa ribereña en las márgenes del río Chancay?

### **1.5. Justificación e importancia del estudio.**

#### **a) Justificación Técnica**

El uso de tetrápodos viene a ser una protección de gran eficiencia ante el fenómeno de erosión y con mejores características que el uso de enrocados.

#### **b) Justificación Social**

Al utilizar este tipo de protección, se estaría integrando a un avance metodológico en diseño de defensas ribereñas y así a manera de en cómo actúa ante los distintos flujos que se presenten, se verá la gran importancia del uso de estos elementos prefabricados.

**c) Justificación económica**

Es un hecho que la fabricación de estos elementos será de un mayor costo, sin embargo, en cuanto a su estabilidad y resistencia, van a ser efectivos ya que sus características técnicas como concreto son mejores que otros usos prácticos como rocas y vegetación.

**d) Justificación ambiental**

Es de saberse que el uso de recursos naturales como protección de taludes, son mejores en cuestión al impacto que tendrá sobre el medio ambiente, pero teniendo en cuenta los desastres que han ocurrido por las máximas avenidas resultado del fenómeno del Niño, nos pone en una situación donde su uso ya no es tan factible, por ende nos obliga a usar nuevos métodos como protección (tetrápodos), se debe tener en cuenta también que su composición refiriéndonos al cemento, piedra y arena; ya han pasado por pruebas de contaminación y daños al medio ambiente.

## **1.6. Hipótesis**

El criterio para el uso de tetrápodos en el diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña en las márgenes del río Chancay, tramo puente Eten-Monsefú, Chiclayo, Lambayeque es:

- Protegerán las márgenes del río contra erosiones, acoplándose de una forma correcta, evitando desprendimientos de los mismos, protegiendo los diques y así evitar inundaciones, minimizando también el mantenimiento y reparación de la defensa.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

Elaborar el diseño hidráulico y estructural con elementos prefabricados de concreto simple (tetrápodos), para la defensa ribereña en las márgenes del río Chancay, tramo puente Eten - Monsefú, Chiclayo, Lambayeque.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

- ✓ Realizar los estudios de Topografía del área de estudio.
- ✓ Realizar los estudios de mecánica de suelos de las canteras seleccionadas.
- ✓ Realizar los estudios de Hidrología e Hidráulica.
- ✓ Determinar los componentes estructurales de la defensa ribereña con elementos prefabricados (Tetrápodos).

- ✓ Realizar el diseño hidráulico del elemento prefabricado (Tetrápodo).
- ✓ Verificar la estabilidad de los taludes de la defensa ribereña mediante software.

## **II. MATERIAL Y MÉTODO**

### **2.1. Tipo y Diseño de Investigación**

#### **2.1.1. Tipo de investigación**

Cuantitativa - Tecnológica, por lo que se hará medición numérica y análisis estadístico para poder experimentar con softwares de modelamiento hidráulico distintos tipos de flujo y con esto demostrar que los tetrápodos son de mejor protección ante el empuje de la corriente del río.

#### **2.1.2. Diseño de investigación**

Experimental, porque implica trabajos de campo, ya que se efectuará ensayos para el estudio de suelos, concreto e hidráulica, también trabajos en gabinete, refiriéndose al manejo de programas que sean aplicados al tema (Slope/W, Hecras, Civil 3D).

### **2.2. Población y Muestra**

#### **2.2.1. Población**

La población son las márgenes del río Chancay en el tramo puente Eten - Monsefú.

#### **2.2.2. Muestra**

Márgenes del río Chancay, km 0+000 – km 0+500 aguas arriba y km 0+000 – km 0+500 aguas abajo del puente Eten-Monsefú.

### **2.3. Variables y Operacionalización**

#### **2.3.1. Variables**

##### **2.3.1.1. Independiente**

###### **a) Diseño hidráulico y estructural de los elementos prefabricados de concreto simple (tetrápodos)**

Los recubrimientos con tetrápodos son construídos generalmente sobre fundaciones constituídas por plataformas enfaginadas de manera que el hundimiento posibilita una mejor unión con el subsuelo impidiendo que los elementos sean arrastrados por corrientes de agua. Puede también emplearse una fundación en base a piedras naturales, o si es posible, anclar una serie de tetrápodos a lo largo de la costa. M. Ossa, 1964.

La colocación del tetrápodo en las márgenes del río, se podrán realizar de manera aleatoria según el cuadro del Anexo N° 5.2, sin embargo, para esta investigación se hará de manera ordenada con la intención de un mejor acoplamiento entre las mismas; para un mejor detalle de lo que será la protección del dique de la defensa ribereña se indica en el Ítem A.1.1.

### **2.3.1.2. Dependiente**

#### **a) Defensa ribereña en las márgenes del río Chancay.**

Es una forma de proteger zonas aledañas a los ríos de posibles crecidas, para lo que se utilizan medios estructurales y no. Entre las medidas estructurales, se encuentran represas y reservorios, además de realización de modificaciones acanales, ríos, obras de drenaje, entre otros. (Revista A.R.Q.H.Y.S., 2012, p.1).

Estas estructuras son construidas para proteger áreas en ambos extremos laterales de los ríos, contra erosión de sus márgenes producto de excesiva velocidad del flujo del agua, que tiende arrastrar el material ribereño y socavación que ejerce el río, debido a precipitaciones abundantes sobre todo en invierno, ya que son causantes de desestabilización de talud inferior y de las riberas. Estas obras son colocadas en puntos localizados, especialmente para proteger poblaciones, vías de comunicación, pueden ser efectivas para el área particular que va a defender, pero cambian el régimen natural del flujo y tienen efectos sobre zonas aledañas, los cuales deben ser analizados antes de construir las obras. Para llevar a cabo un proyecto es fundamental contar con información preliminar o antecedentes que permiten diagnosticar el problema que se requiere solucionar; ya sean hidrológicos, topográficos y geomorfológico. También se requerirá antecedentes sobre inundaciones anteriores, máximas avenidas, daños provocados, zonas afectadas, etc.

**Antecedentes Hidrológicos:** Se debe contar con un estudio hidrológico del río, para determinar registros de años anteriores de caudales de diseño, periodos de retorno, precipitación, hidrometría, curvas IDF Isoyetas, las cuales definirán el dimensionamiento apropiado de las obras hidráulicas. Estos estudios hidrológicos permiten analizar comportamientos de los caudales, para ello las informaciones del SENHAMI y datos de las estaciones de las cuencas dada por los pluviómetros, dan las mediciones de los caudales medio, máximo y4mínimo, así también se necesita del conocimiento de los niveles medio, máximo y mínimos del caudal, estas informaciones son básicas para diseñar defensas ribereñas en la zona de riesgo.

**Antecedentes Topográficos y Geomorfológicos:** Se necesita de estudios ya sea de levantamiento aéreo fotogramétrico y o planos topográficos. El estudio geomorfológico caracteriza el suelo y determina su composición, granulometría, grado de compactación, entre otros. Este estudio en conjunto con el hidrológico, permitirá determinar los principales parámetros de velocidad, escurrimiento y niveles para diferentes caudales.

**Tabla n° 5:** Cuadro de Operacionalización de Variables Independientes.

Variable	Dimensión	Indicadores	Sub indicadores	Índices	Técnicas de recolección de información	Instrumento de recolección de información	Instrumentos de medición
Diseño hidráulico y estructural, de los elementos prefabricados de concreto simple (Tetrápodos)	Sección de estudio	Parámetros hidráulicos	Área hidráulica	m <sup>2</sup>	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Software Hec - Ras
			Radio hidráulico	m <sup>3</sup> /s			
			Rugosidad	Adimensional			
			Caudal	m <sup>3</sup> /s			
			Gradiente hidráulica	m/m			
	Dique	Afirmado	Distribución granulométrica	Mm	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis de documentos y recolección de datos	Formatos y ensayos realizados. Fuente: NTP, "Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones" (Braja M. Das).
			Peso específico	Kg/m <sup>3</sup>			
			Máxima densidad seca	Kg/m <sup>3</sup>			
			Óptimo contenido de humedad	%			
			Ángulo de fricción	grados			

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla n° 6:** Cuadro de Operacionalización de Variables Dependientes.

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Sub indicadores</b>	<b>Índices</b>	<b>Técnicas de recolección de información</b>	<b>Instrumento de recolección de información</b>	<b>Instrumentos de medición</b>
Defensa ribereña en las márgenes del río Chancay	Tramo puente Eten-Monsefú, Chiclayo, Lambayeque	Tetrápodos	Peso específico	Tn/m <sup>3</sup>	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Libro Diseño de Diques Rompeolas, Negro V., Varela O.
			Volumen	m <sup>3</sup>			
			Dimensiones	m			
		Análisis de estabilidad	Slope/W	F. S	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Manual del software Slope/W

**Fuente:** Elaboración propia.



## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

### **2.4.1. Técnicas**

#### **a) Observación:**

En septiembre del año 2018, se observó que, en algunos tramos de la defensa ribereña actual, hubo desprendimientos del enrocado, debido al fenómeno del niño ocurrido en el año 2017, con lo cual, en otras visitas, entre noviembre y diciembre del 2018 estaban reparando los tramos, con el perfilado del talud y colocado de un nuevo enrocado.

#### **b) Análisis de documentos:**

Se recopiló, seleccionó y comparó información vinculada con el tema de investigación la cual se obtuvo de libros, revista, tesis, normas, artículos, etc.

#### **c) Ensayos en Laboratorio:**

Se realizaron ensayos de suelos y concreto para el diseño de la defensa ribereña.

### **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

#### **2.4.2.1. Guías de Observación**

Se emplearán los siguientes formatos:

- ✓ Formato para el estudio topográfico, la cual servirá para ver el estado actual (características de la superficie, como pendientes, geografía, río, etc.) de la zona del tema de investigación, para realizar un plano del terreno.
- ✓ Formato y guía para ensayos y estudio de suelos, para analizar el tipo del mismo con muestras inalteradas y alteradas de los estratos que se encontrarán en las calicatas.
- ✓ Datos históricos hidrométricos y pluviométricos proporcionados por el PEOT y SENHAMI, respectivamente, para hallar el caudal de diseño que se necesita para la estructura hidráulica.

#### **2.4.2.2. Guía de análisis documental**

Se tendrá como guía documental la norma técnica peruana (NTP), para realizar los ensayos de suelos y de concreto, siguiendo cada uno de los procesos establecidos en ella, se tienen las siguientes:

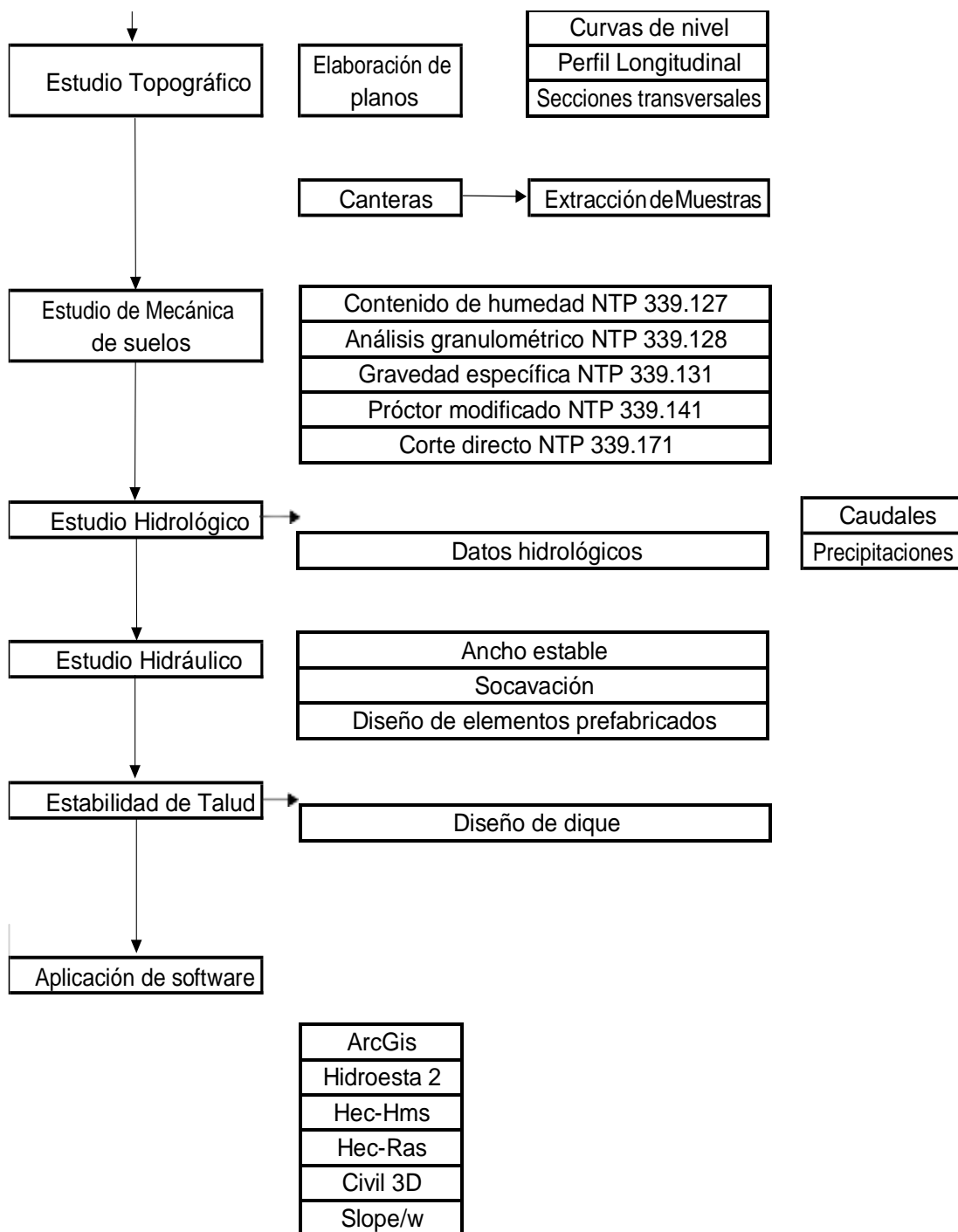
<b>Norma / Documento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Aplicación</b>
NTP 339.127	Contenido de humedad	Porcentaje de humedad del suelo.
NTP 339.128	Análisis granulométrico	Determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo.
NTP 339.131	Gravedad específica de sólidos	Determina la gravedad específica de la masa de cualquier suelo compuesto por partículas pequeñas.
NTP 339.141	Próctor modificado	Determinar la Máxima Densidad Seca (MDS) del material, así como el Óptimo contenido de Humedad (OCH) a que se deberá hacerse la compactación.
NTP 339.171	Corte directo	Determinar los parámetros de resistencia al corte de un suelo a saber, ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo.
NTP 339.035	Asentamiento de concreto	Determinar el asentamiento del concreto fresco en un rango desde ½” hasta 9” con el cono de Abrams.
NTP 339.034	Resistencia a la Compresión	Determinar la resistencia del concreto endurecido con la máquina de compresión axial.

**Tabla n° 7:** Cuadro de Guías de ensayos.

**Fuente:** Elaboración propia

## 2.5. Procedimiento de Análisis de Datos

### 2.5.2. Diagrama de Procesos



**Tabla n° 8:** Diagrama de procesos de la investigación.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.5.3. Descripción de procesos

#### A. Realizar los estudios de Topografía, mecánica de suelos.

Se realizaron los estudios mencionados ya que son necesarios en el diseño de la defensa ribereña.

##### A.1. Levantamiento Topográfico.

Con el levantamiento topográfico que se requiere, se obtendrá datos para realizar las curvas de nivel y realizar los planos con el programa Autocad Civil 3D, el tramo involucrado iniciará donde se encuentra actualmente el puente Eten, además como lo indica el Manual de Puentes del Ministerio de Transporte y Comunicaciones se recomienda que dicho levantamiento topográfico deba comprender los siguientes aspectos:

En cursos de agua donde el puente no produzca contracción del flujo de avenida y presente una pendiente pronunciada, el levantamiento topográfico abarcará 8 veces el ancho del cauce principal aguas arriba del eje propuesto y 4 veces aguas abajo. El levantamiento no debe ser menor a 150 m. aguas arriba y 150 m aguas abajo del eje del puente propuesto.

##### A.2. Estudio de mecánica de suelos

El estudio de Mecánica de Suelos consistirá principalmente en determinar las características principales del suelo, contenido de humedad, el tipo de suelo, distribución granulométrica en función al diámetro, relación densidad – humedad para un esfuerzo de compactación, determinar los parámetros de resistencia al corte de un suelo a saber; ángulo de fricción interna  $\Phi$  y cohesión del suelo  $c$ .

- **Procedencia**

Las muestras de suelo se obtuvieron de las canteras naturales, “La Victoria” (Pátapo) y “Tres Tomas” (Ferreñafe), las cantidades se detallan en la Tabla n° 9.

Muestra de suelo	Cantera Natural	Cantidad Adquirida
Afirmado	“La Victoria” - Pátapo	1.00 m <sup>3</sup>
Afirmado	“Tres Tomas” - Ferreñafe	1.00 m <sup>3</sup>

**Tabla n° 9:** Diagrama de procesos de la investigación.

**Fuente:** Elaboración propia.

### A.2.1. Ensayo de contenido de humedad (NTP 339.127).

#### a) Muestras

- Alteradas
- Inalteradas

#### b) Equipo

- ✓ Cucharón.
- ✓ Recipientes para Humedad – Espátula.
- ✓ Bolsas plásticas – Parafina.
- ✓ Pala – Pico – Barra – Balde.
- ✓ Balanza de 0.1 gramos de sensibilidad.
- ✓ Horno.

#### c) Procedimiento

- Tomar muestras de aproximadamente de 3 kg de cada estrato y de cada calicata.
- Cubrir las muestras con parafina para minimizar la pérdida de humedad.
- Pesar los recipientes con suelo y secar dentro del horno a una temperatura de 110 °C ± 5°C, hasta obtener peso constante (12 a 18 horas).

#### d) Cálculos

Para determinar el contenido de humedad de la muestra, se usará la siguiente fórmula.

$$\%w = \frac{(\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso muestra seca})}{\text{Peso de muestra seca}} \times 100$$

Ecuación n° 36: Porcentaje de humedad.

Donde:

%w, es el porcentaje de humedad de la muestra.

Los pesos de las muestras pueden ser denotadas en unidades de masa.

### A.2.2. Ensayo de análisis granulométrico (NTP 339.128).

#### a) Muestras

- Alteradas

**b) Equipo**

- ✓ Tamices
- ✓ Balanza de 0.1 gramos de sensibilidad
- ✓ Horno
- ✓ Recipientes para el manejo y secado de las muestras.

**c) Procedimiento**

- Seleccionar una muestra representativa mediante el método de cuarteo y ponerla a secar en el horno. Se deja enfriar y se pesa la cantidad requerida.
- Se desmorona los grumos del material sin romper los granos
- Determinar el peso de la muestra seca.
- Lavar la muestra a través del tamiz No200 y poner a secar en el horno el material retenido. (Esto en el caso de análisis con lavado, que se realiza cuando la muestra tiene apreciable cantidad de finos).
- Obtener el peso de la muestra seca después de lavada.
- Las mallas o tamices son colocados en orden progresivo.
- Se vacía el material sobre el juego de tamices y agitando todo el conjunto.
- Obtener el peso del material que quedó retenido en cada tamiz.

**d) Cálculos**

Se calcula los porcentajes del material retenido en cada malla respecto del peso seco de la muestra original.

$$\% \text{ Retenido} = \frac{(\text{Peso total} - \text{Peso pasa})}{\text{Peso total}} \times 100$$

Ecuación n° 37: Porcentajes de material retenido.

Donde:

%Retenido, es el porcentaje de material retenido en cada malla.

Calcular el porcentaje que pasa cada tamiz restando de 100% el porcentaje retenido acumulado en dicha malla.

$$\% \text{ pasa} = 100 - \% \text{ retenido acumulado}$$

Ecuación n° 38: Porcentajes que pasa.

Donde:

%pasa, es el porcentaje que pasa en cada tamiz del 100% del porcentaje retenido acumulado en dicha malla.

Con los datos obtenidos, se construye la curva granulométrica en papel semilogarítmico.

La forma de la curva representa la distribución granulométrica del suelo.

**e) Parámetros que se obtienen de la curva granulométrica**

**Diámetro efectivo**

- D10: es la abertura del tamiz o tamaño de la partícula en mm que corresponde al 10% de pasante.
- D60 es la abertura del tamiz o tamaño de la partícula en mm que corresponde al 60% de pasante.
- D30 es la abertura del tamiz o tamaño de la partícula en mm que corresponde al 30% de pasante.

**Coefficiente de Uniformidad (CU)**

$$CU = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Ecuación n° 39: Coeficiente de uniformidad.

Donde:

D<sub>60</sub>, es la abertura del tamiz o de la partícula que corresponde al 60% de pasante, en mm.

D<sub>10</sub>, es la abertura del tamiz o de la partícula que corresponde al 10% de pasante, en mm.

**Coefficiente de Curvatura (CC):**

$$CC = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$$

Ecuación n° 40: Coeficiente de curvatura.

Donde:

D<sub>60</sub>, es la abertura del tamiz o de la partícula que corresponde al 60% de pasante, en mm.

D<sub>30</sub>, es la abertura del tamiz o de la partícula que corresponde al 30% de pasante, en mm.

D<sub>10</sub>, es la abertura del tamiz o de la partícula que corresponde al 10% de pasante, en mm.

Tipo de suelo de acuerdo al tamaño de las partículas: suelo grueso, suelo fino, gravas y arenas.

**A.2.3. Ensayo de gravedad específica (NTP 339.131).**

**a) Muestras**

- Alteradas

**b) Equipo**

- ✓ Picnómetro o frasco volumétrico.
- ✓ Balanza de 0.1 gramos de sensibilidad.
- ✓ Termómetro.
- ✓ Horno.
- ✓ Cápsulas o recipientes de secado.
- ✓ Pipeta.
- ✓ Cocina.
- ✓ Cápsulas o recipientes de secado.
- ✓ Tamiz No 40.
- ✓ Peseta, etc.



**c) Procedimiento**

- Pesar el picnómetro vacío,  $M$ .
- Llenar el picnómetro volumétrico hasta la marca con agua destilada.
- Pesar el picnómetro y registrar el peso,  $M_a$ .
- Registrar la temperatura existente,  $T_i$ .
- Secar el suelo a temperatura de  $110\text{ }^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ , hasta obtener peso constante (12 a 18 horas).
- Tamizar por la malla N° 40, pesar 50.0 g,  $M_o$ .
- Trasladar el suelo ( $M_o$ ) al frasco volumétrico.
- Se hierve a baja temperatura durante 10 minutos girando en vez en cuando el picnómetro, a fin de ayudar a la eliminación del aire.
- La muestra que se calienta se enfriará a temperatura ambiente.
- Se añade agua destilada hasta que la base del menisco se encuentre exactamente en la marca del picnómetro.
- Pesar el picnómetro con la muestra de suelo y agua destilada,  $M_b$  y la temperatura,  $T_x$ .

**d) Cálculos**

Gravedad específica de los sólidos ( $G_s$ ).

$$G_s = \text{Peso específico}(T_x/T_x^\circ\text{C}) \frac{M_o}{(M_s + M_a) - M_b}$$

Ecuación n° 41: Gravedad específica.

Donde:

$M_o$ , peso del suelo seco, en gr.

$M_a$ , peso del picnómetro con agua (destilada), hasta la marca, en gr.

$M_b$ , peso del picnómetro más agua y suelo, en gr.

$T_x$ , temperatura ensayo, en  $^\circ\text{C}$ .

**e) Corrección por temperatura**

$$G_s(20^\circ\text{C}) = K * G_s(T_x)$$

El factor K se puede determinar por la Tabla

Donde:

K, factor de corrección.

G<sub>s</sub>, gravedad específica de sólidos.

M<sub>b</sub>, peso del picnómetro más agua y suelo, en gr.

T<sub>x</sub>, temperatura ensayo, en °C.

<b>Temperatura (°c)</b>	18,0	19,0	20,0	21,0
<b>Densidad Rel. H<sub>2</sub>O</b>	0,998624 4	0,9984347	0,9982343	0,9980233
<b>Fac. correc. (K)</b>	1,0004	1,0002	1,0000	0,9998
<b>Temperatura (°c)</b>	22,0	23,0	24,0	25,0
<b>Densidad Rel. H<sub>2</sub>O</b>	0,997801 9	0,9975702	0,9973286	0,9970770
<b>Fac. correc. (K)</b>	0,9996	0,9993	0,9991	0,9988
<b>Temperatura (°c)</b>	26,0	27,0	28,0	29,0
<b>Densidad Rel. H<sub>2</sub>O</b>	0,996815 6	0,9965451	0,9962652	0,9959761
<b>Fac. correc. (K)</b>	0,9986	0,9983	0,9980	0,9977

**Tabla n° 10:** Corrección por Temperatura.

**Fuente:** Norma Técnica Peruana (N.T.P. 339.131).

**f) Valores de G<sub>s</sub>**

- Normalmente varía entre 2.60 – 2.90.
- Puede llegar a 3.0.
- En la turba se ha llegado a medir valores de 1.50, debido a la presencia de materia orgánica.
- En suelos volcánicos de Pasto, vería entre 2.20 – 2.60.

**A.2.4. Ensayo de próctor modificado (NTP 339.141).**

**a) Muestras**

- Alteradas

ENSAYO		PROCTOR ESTANDAR N.T.P. 339.142		
Método	A	B	C	
Molde (pulgada)	4"	4"	6"	
Capas (#)	5	5	5	
Golpe (#)	25	25	56	
Pisón (libras)	10	10	10	
Energía de compactación				

Condiciones	≤ 20% Retenido Tamiz N° 4	> 20% Retiene Tamiz N° 4 ≤ 20 % Retenido Tamiz 3/8"	> 20% Retenido Tamiz 3/8" < 30% Retenido Tamiz 3/4"
Reemplazo	Material que pasa N° 4	Material pasa 3/8" y Retiene N° 4	Material pasa 3/4" y Retiene 3/8"

**b) Métodos**

**Tabla n° 11:** Métodos Proctor Modificado.

**Fuente:** Norma Técnica Peruana (N.T.P. 339.142)

**c) Equipo**

- ✓ Molde de compactación con base y collar de extensión (diámetro 4" y 6")
- ✓ Martillo de compactación (18" altura de caída libre, 10 libra).
- ✓ Tamices (2", 3/4", 3/8" y N°4).
- ✓ Balanza de 20 kg (sensibilidad 1.0 g).
- ✓ Horno (Temperatura 110°C ± 5°C).
- ✓ Bandeja metálica.
- ✓ Cucharón para mezclar
- ✓ Probeta graduada
- ✓ Regla de acero para nivelar.
- ✓ Recipientes para humedad.

**d) Procedimiento**

- Secar el material al aire libre ó al horno (Temperatura 60°C).
- Cuartear el material seco, hasta obtener una porción representativa para realizar el tamizado por las mallas 2", 3/4", 3/8" y N°4 para determinar el método a usarse.
- Obtenido el método, desmenuzar y pasar el material a través del tamiz 3/4", 3/8" o N° 4 según el método especificado para preparar la tanda.
- Preparar 4 tandas como mínimo para todos los métodos, el peso de cada tanda será según el método:
- "A" y "B" 3000 g.
- "C" 6000 g.

- Agregar agua a la tanda y mezclar, a cada tanda se incrementará diferentes % de humedad (los incrementos de los % de humedad no debe exceder en 4%), colocar el material mezclado en recipientes hermético para evita perdida de humedad.
- Calibras los moldes, obteniendo:
- Peso del molde sin collarin.
- Volumen del molde sin collain.
- Colocar la muestra en cinco capas (de aproximadamente igual espesor) en el molde, siendo cada capa compactada en 25 o 56 golpes según el método, con el pisón que se deja caer libremente de una altura de 18”, sometiendo el suelo a una energía de compactación total de aproximadamente 27.5 Kg. - cm./cm3.
- Quitar el collar y la base y enrasar cuidadosamente la base y la parte superior del cilindro compactado de suelo con una regla metálica.
- Pesar el molde lleno de suelo húmedo compactado.
- Extraer el cilindro de suelo del molde, partirlo en dos y tomar dos muestras para el contenido de humedad - una cercana a la parte superior del molde y otra a la parte inferior.
- Se repite el procedimiento de los pasos “g” – “j”, para las tandas que contienen diferentes % de humedad.

$$\gamma_m = \frac{(M_t - M_{md})}{1000xV}$$

Ecuación n° 42: Densidad húmeda del espécimen compactado.

- Una vez determinado el contenido de humedad (promedio de los dos valores) de cada muestra, se determina el peso unitario seco:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + w/100}$$

Ecuación n° 43: Densidad seca del espécimen compactado.

- Graficar peso unitario seco contra contenido de humedad, obteniendo una relación curvilínea conocido como la Curva de Compactación.
- Determinar en dicha curva, la máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH).
- Graficar peso unitario seco contra contenido de humedad, obteniendo una relación curvilínea conocido como la Curva de Compactación.

- Determinar en dicha curva, la máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH).
- Para graficar la curva de saturación:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s}{1 + \frac{W}{100} * G_s}$$

Ecuación n° 44: Densidad seca del espécimen compactado.

Donde:

$\gamma_m$ , densidad húmeda del espécimen compactado, en  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

$M_t$ , masa del espécimen húmedo más molde, en kg.

$M_{md}$ , masa del molde de compactación, en kg.

$V$ , volumen del molde de compactación, en  $\text{kg}$ .

$\gamma_d$ , densidad seca del espécimen compactado, en  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

$W$ , contenido de agua (%).

$G_s$ , gravedad específica del suelo.

#### **A.2.5. Ensayo de corte directo (NTP 339.171).**

Para determinar los parámetros de resistencia al corte de un suelo a saber; ángulo de fricción interna  $\Phi$  y la cohesión del suelo,  $c$ ; mediante condiciones idealizadas que permiten la ocurrencia de una falla a través de un plano de localización predeterminada.

Utilizando la ecuación de Coulomb, encontrar la máxima resistencia al corte,  $\tau$ ; cuyo plano de falla está dado por:

$$t = C + \sigma_n \tan \Phi$$

Ecuación n° 45: Máxima resistencia al corte.

Donde:  $\sigma_n$ , es el esfuerzo normal total en el plano de falla.

$\Phi$ , ángulo de fricción del suelo.

$C$ , cohesión del suelo.

#### **a) Equipo**

- ✓ Aparato de corte directo.
- ✓ Calibrador.
- ✓ Balanza de precisión.

**b) Tipos de ensayo**

**Ensayos no consolidados – no drenados o ensayos**

El corte se inicia antes de consolidar la muestra bajo una carga normal PV. Si el suelo es cohesivo, y saturado, se desarrollará exceso de presión de poros. Este ensayo es análogo al ensayo triaxial no consolidado-drenado.

**Ensayo consolidado - no drenado**

Se aplica la fuerza normal, y se observa el movimiento vertical del deformímetro hasta que pare el asentamiento antes de aplicar la fuerza cortante, este ensayo puede situarse entre los ensayos triaxiales consolidado-no drenado y consolidado-drenado.

**Ensayo consolidado - drenado**

La fuerza normal se aplica, y se demora la aplicación del corte hasta que se haya desarrollado todo el asentamiento; se aplica a continuación la fuerza cortante tan lento como sea posible para evitar el desarrollo de presiones de poros de la muestra. Este ensayo es análogo al ensayo triaxial consolidado-drenado.

**c) Procedimiento**

- Secar el material al aire libre ó al horno (Temperatura 60°C).
- Moldear cuidadosamente 3 ó 4 muestras del mismo tamaño tomadas de una muestra de bloque grande, o de cualquier otro tipo de fuente.
- Retroceder la separación y el agarre de los tornillos guía superior de la caja de corte y ensamblar las dos partes. Asegurarse que las piedras porosas están saturadas a menos que se vaya a ensayar en suelo seco.
- Colocar cuidadosamente la muestra dentro de la caja de corte. Colocar el bloque o pistón de carga en su sitio sobre el suelo, la carga normal PV y ajustar el deformímetro de carátula vertical.
- Comenzar la carga horizontal bajo una carga pre-establecida y tomar lecturas del deformímetro de carga, desplazamiento de corte y desplazamientos verticales.
- Remover el suelo y tomar una muestra para el contenido de humedad.
- Dibujar las curvas.
- Esfuerzo cortante vs. desplazamiento horizontal.

- Esfuerzo cortante vs. esfuerzo normal. Con la ayuda del círculo de Mohr trazar una envolvente de falla, que nos permita obtener el valor de cohesión  $c$ , y el ángulo de fricción interna  $\Phi$ .

## **B. Realizar los estudios de Hidrología e Hidráulica**

### **B.1. Estudio hidrológico**

El estudio Hidrológico está referido al análisis de caudales y precipitaciones, que consistirá en la recolección de datos máximos de las estaciones de la Cuenca el Río Chancay.

Luego se procederá a realizar las pruebas de bondad de ajuste y distribuciones estadísticas para hallar el caudal de diseño, para un periodo de retorno de 150 años.

### **B.2. Estudio hidráulico**

Cuando se obtenga el caudal de diseño, para un periodo de retorno que será el de 150 años, se procederá a elaborar el modelo hidráulico de simulación del flujo en el programa Hec-Ras. El resultado de la simulación hidráulica será la comprobación de la inundabilidad, para evitar el rebalse del río a las zonas aledañas.

## **C. Verificar la estabilidad de los taludes mediante software.**

### **C.1. Verificación de taludes aplicando software (Slope/W).**

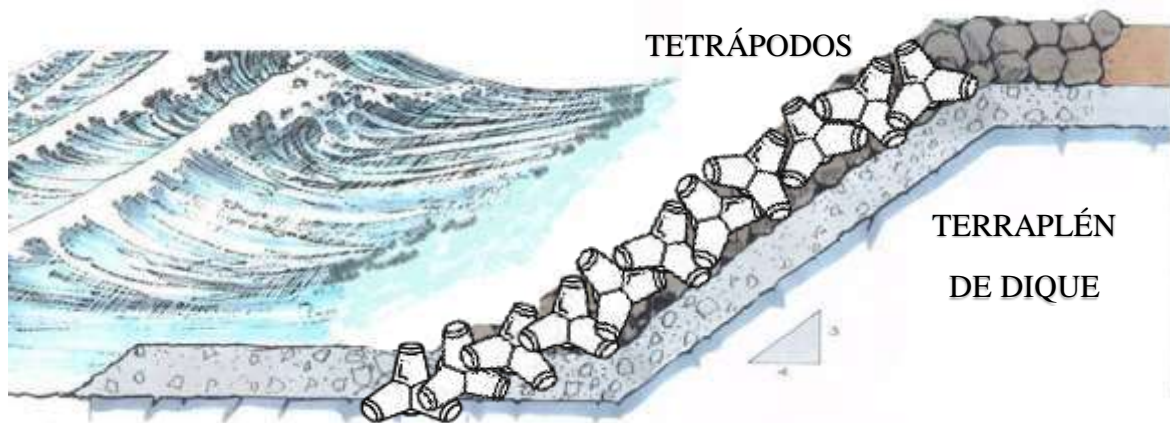
Con ayuda del software Slope/W, se modelará el tipo de suelo que se usará en el modelo físico y se analizará la estabilidad del talud y deslizamientos del dique de la defensa ribereña aguas arriba y aguas abajo y se obtendrá los parámetros que se usará en el modelo físico.

### **C.2. Flujo del Agua (Hec-ras).**

Con ayuda del software Hec-ras se simulará los flujos en el cauce del río Chancay, determinar las zonas inundables y así poder determinar el nivel del agua que usaremos para poder diseñar y realizar el modelo físico

## **D. Determinar los componentes estructurales de la defensa ribereña.**

Se determinará todos los elementos que comprenderá la defensa ribereña a diseñar con ayuda de los softwares mencionados anteriormente, como espesores de las capas del terraplén del dique, dimensionamiento de los tetrápodos (**Ver figura n°10**) y cantidad de los mismos (**Ver Ecuación 18**).



**Figura n° 25:** Sección transversal de defensa ribereña.

**Fuente:** Elaboración propia.

## 2.6. Criterios Éticos

### 2.6.1. Ética de la recolección de datos

Estará basado por el libro de Ingeniería de Costas como medio de guía para el diseño de la defensa ribereña y en base a ello se hará formatos para su estudio hidráulico. Se obtuvo información del tema en estudio, de tal manera fue actualizada y confidencial. Se respetará la norma técnica peruana para la recolección de muestras in situ del estudio de mecánica de suelos.

### 2.6.2. Ética de la publicación

Se dará el reconocimiento del tiempo y dedicación que le han dado los autores de esta investigación, para el caso de usarse para futuras investigaciones, esto sería como medida para evitar el plagio.

### 2.6.3. Ética de la aplicación

Esta investigación tendrá impacto en el beneficio social, económico y ambiental, por lo que los resultados que se obtendrán, serán confirmados por los siguientes métodos:

- Trabajo realizado en el área de estudio.
- Separación periódica de la situación.
- Credibilidad en sus resultados.
- Consistencia y conformidad con el análisis teórico.



## **2.7. Criterios de Rigor Científico.**

### **2.7.1. Criterios Generales**

Mediante la realización de los estudios básicos de ingeniería y uso de software se obtuvo la información requerida para la investigación y se comparó con la realización del modelo hidráulico físico.

### **2.7.2. Criterios de Confiabilidad**

Todos los estudios realizados en esta investigación se consultaron con las respectivas normas y especialistas para asegurar la precisión y confiabilidad en los resultados.

### **2.7.3. Criterios de Credibilidad**

Los resultados guardan relación, ya que se recolectó información y analizó correctamente para una interpretación adecuada en campo y gabinete.

## **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1. Resultados en Tablas y Figuras**

#### **3.1.1. Levantamiento Topográfico**

##### **3.1.1.1. Reconocimiento del terreno**

Se ha realizado un recorrido por el área a levantar, ubicando los puntos clave para iniciar el levantamiento, se encontró que es de forma irregular, con interrupción de la infraestructura del puente que une los distritos de Eten y Monsefú, con pendientes en los taludes de los diques de la defensa ribereña existente, y de forma irregular en el río por causas naturales y con vegetación en la parte de los meandros del río, lo que ocasionó obstáculos de lectura de la estación total con el prisma, lo que generó cambios de estación.

##### **3.1.1.2. Ejecución del levantamiento topográfico**

Se consideró como BM un punto ubicado en la parte superior del dique norte, a 3 m.s.n.m. El equipo estación total se ha estacionado en un punto estratégico para poder alcanzar la mayor parte de los puntos necesarios y evitar hacer cambios de estación innecesarios, que ocasionan error, en todo el levantamiento se ha realizado un solo cambio de estación en el dique norte, justo en el meandro, donde no se lograba ver algunos puntos necesarios.

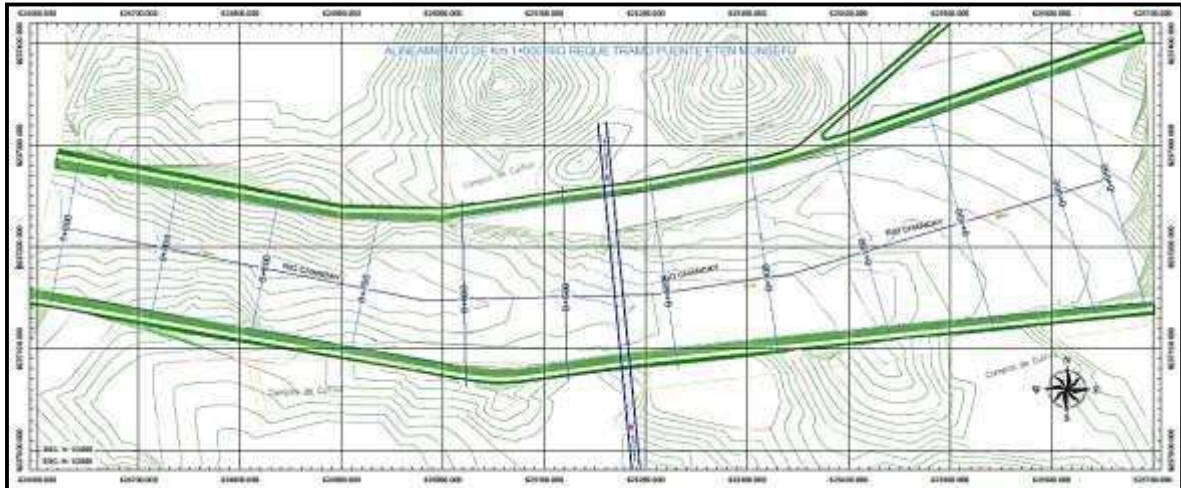
En total se ha realizado un levantamiento aproximado de 1 km en longitudinal y todo el ancho del río, aproximado 155 m en las inmediaciones del puente y 250 m en el meandro.



**Figura n° 26:** Ubicación de B.M. inicial.



**Figura n° 27:** Vista panorámica de trabajo topográfico en dique norte.



**Figura n° 28:** Topografía del área de estudio, río Chancay tramo puente Eten-Monsefú. Adaptado del CivilCAD

### 3.1.2. Estudio de Mecánica de Suelos

Se desarrolló el estudio de mecánica de suelos según la Norma Técnica Peruana, en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán. Se realizaron 6 ensayos por cada cantera (cantera 3 Tomas y cantera La Victoria), los cuales se mencionan a continuación: **Ver Anexo n° 2**

- Contenido de humedad N.T.P. 339.127
- Peso específico relativo de las partículas sólidas (Gs) N.T.P. 339.131
- Análisis granulométrico por tamizado N.T.P. 339.128
- Límites de Atterberg N.T.P. 339.129
- Compactación (Próctor Modificado) N.T.P. 339.14
- Corte directo N.T.P. 339.171

#### 3.1.2.1. Contenido de humedad

Obteniendo las muestras de suelo se colocaron en bolsas herméticas para minimizar la pérdida de humedad de campo, se trasladó las muestras al laboratorio, se pesó 500 gr. de muestra y se colocó al horno, al día siguiente se retiraron las muestras y se pesó para proceder con el cálculo del contenido de humedad. **Ver Anexo n° 2**



**Figura n° 29:** Muestras de suelo de las canteras La Victoria y Tres Tomas respectivamente.



**Figura n° 30:** Colocado de las muestras al horno, para hallar contenido de humedad.

Los resultados se muestran en las siguientes tablas:

## Cantera la Victoria

**Tabla n° 12:** Contenido de Humedad – Cantera la Victoria

DESCRIPCIÓN	W (%)
C-1	7.53
C-2	8.11
C-3	7.34
C-4	6.39
C-5	7.58
C-6	8.48
<b>PROMEDIO</b>	<b>7.57</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Análisis:** La tabla presenta el contenido de humedad natural de la muestra extraída en porcentaje, teniendo como promedio  $W=7.57\%$ .

## Cantera tres Tomas

**Tabla n° 13:** Contenido de Humedad – Cantera 3 Tomas

DESCRIPCIÓN	W (%)
C-1	6.38
C-2	6.39
C-3	7.53
C-4	6.16
C-5	6.34
C-6	8.29
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.85</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Análisis:** La tabla presenta el contenido de humedad natural de la muestra extraída en porcentaje, teniendo como promedio  $W=6.85\%$ .

### 3.1.2.2. Peso específico relativo de las partículas sólidas Gs

Con la muestra alterada se colocó en el horno, se retiró al siguiente día, se tamizó por la malla N° 40 y se pesó 50 gr., luego se trasladó al frasco volumétrico y se realizó el ensayo, tomando su temperatura al finalizar el ensayo. **Ver Anexo n° 2**



**Figura n° 31:** Colocado de la muestra a la fiola y medida de la temperatura.

Los resultados se muestran en las siguientes tablas:

### Cantera la Victoria

**Tabla n° 14:** Peso específico relativo de las partículas sólidas Gs

DESCRIPCIÓN	Gs	Gs 20 °C
F-1	2.61	2.60
F-2	2.82	2.81
<b>PROMEDIO</b>	2.72	2.71

**Fuente:** Elaboración propia.

**Análisis:** La tabla presenta el peso específico de las partículas de la muestra extraída, teniendo como promedio con la corrección por temperatura a 20 °C un valor de 2.71, estando en el rango normal que varía entre 2.60 – 2.90.

### Cantera tres Tomas

**Tabla n° 15:** Peso específico relativo de las partículas sólidas Gs

DESCRIPCIÓN	Gs	Gs 20 °C
F-1	2.71	2.71
F-2	2.84	2.81
<b>PROMEDIO</b>	2.78	2.77

**Fuente:** Elaboración propia.

**Análisis:** La tabla presenta el peso específico de las partículas de la muestra extraída, teniendo como promedio con la corrección por temperatura a 20 °C un valor de 2.77, estando en el rango normal que varía entre 2.60 – 2.90.

### 3.1.2.3. Análisis granulométrico por tamizado

**Cantera La Victoria**



**Figura n° 32:** Tamizado del material de cantera

## Resumen de análisis granulométrico de la Cantera La Victoria.

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg				
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Que pasa	Retenido					
3"	75.000	0.00	100.00	Límite líquido (LL)	33.45 (%)			
2"	50.000	0.00	100.00	Límite Plástico (LP)	17.89 (%)			
1 1/2"	37.500	8.61	91.39	Índice Plástico (IP)	15.56 (%)			
1"	25.000	21.19	78.81	<p style="text-align: center;"><b>Curva de Fluides</b></p>				
3/4"	19.000	31.55	68.45					
1/2"	12.500	43.98	56.02					
3/8"	9.500	53.03	46.97					
1/4"	6.300	63.01	36.99					
N° 4	4.750	68.73	31.27					
N° 10	2.000	75.88	24.12					
N° 20	0.850	84.59	15.41					
N° 40	0.425	91.58	8.42					
N° 60	0.250	95.87	4.13					
N° 140	0.106	99.14	0.86					
N° 200	0.075	99.90	0.10					
Distribución granulométrica						Clasificación (S.U.C.S.)		<b>GW</b>
% Grava	G.G. %	31.6	68.7			Descripción del suelo		<b>Grava bien graduada con arcilla y arena</b>
	G.F. %	37.2		Clasificación (AASHTO)				
% Arena	A.G. %	7.1	31.2	Descripción		<b>A-2-6 (0) REGULAR</b>		
	A.M. %	15.7						
	A.F. %	8.3						
% Arcilla y Limo		0.1	0.1					
<b>Total</b>			100.0					
<b>Contenido de Humedad</b>			6.86					

**Tabla n° 16:** Resumen de análisis granulométrico por tamizado - Cantera La Victoria

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura n° 33:** Curva granulométrica - Cantera La Victoria.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Análisis:** Se presenta una curva granulométrica de agregados bien graduado, y con mayor presencia de agregado fino.



## Resumen de análisis granulométrico de la Cantera 3 Tomas

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Que pasa	Retenido				
3"	75.000	0.00	100.00	Límite líquido (LL)	N.P. (%)		
2"	50.000	0.00	100.00	Límite Plástico (LP)	N.P. (%)		
1 1/2"	37.500	0.00	100.00	Índice Plástico (IP)	N.P. (%)		
1"	25.000	14.39	85.61	<div style="text-align: center;"> <p>Curva de Fluides</p> </div>			
3/4"	19.000	22.94	77.06				
1/2"	12.500	34.49	65.51				
3/8"	9.500	41.28	58.72				
1/4"	6.300	51.93	48.07				
N° 4	4.750	58.22	41.78				
N° 10	2.000	68.67	31.33				
N° 20	0.850	80.19	19.81				
N° 40	0.425	89.82	10.18				
N° 60	0.250	94.68	5.32				
N° 140	0.106	99.36	0.64				
N° 200	0.075	99.97	0.03				
Distribución granulométrica						Clasificación (S.U.C.S.)	
% Grava	G.G. %	22.9	58.2			GP	
	G.F. %	35.3				Descripción del suelo	
% Arena	A.G. %	10.4	41.7	Grava pobremente graduada con arena			
	A.M. %	21.2		Clasificación (AASHTO)			
	A.F. %	10.2		Descripción			
% Arcilla y Limo		0.0	0.0	A-1-a (0) BUENO			
Total			100.0				
Contenido de Humedad			6.85				

Tabla n° 17: Resumen de análisis granulométrico por tamizado - Cantera 3 Tomas.

Fuente: Elaboración propia.

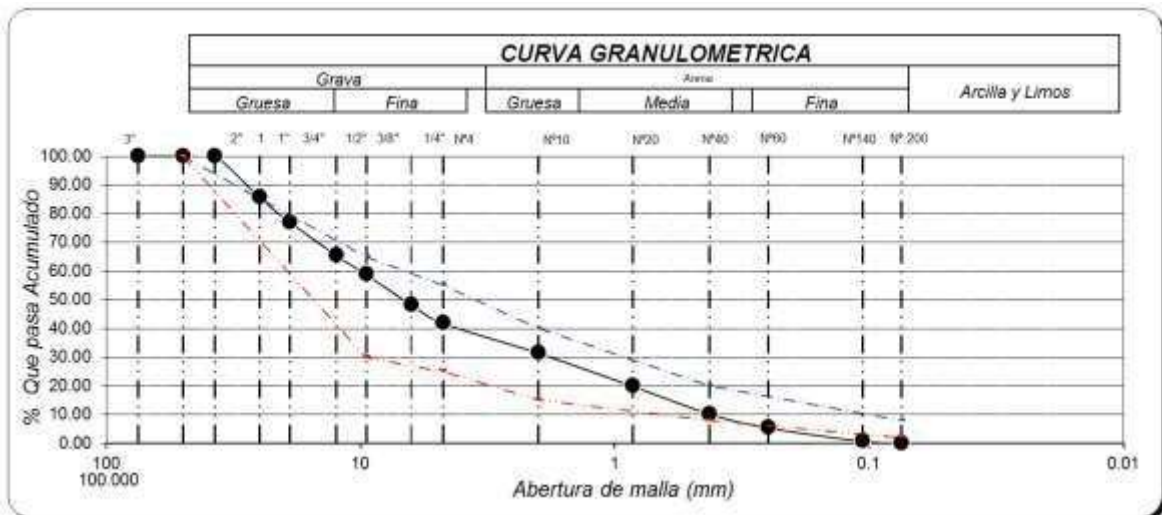


Figura n° 34: Curva granulométrica - Cantera 3 Tomas.

Fuente: Elaboración propia.

**Análisis:** Se presenta una curva granulométrica de agregados poco graduados, y con mayor presencia de agregado fino.

### 3.1.2.4. Límite Líquido y Plástico



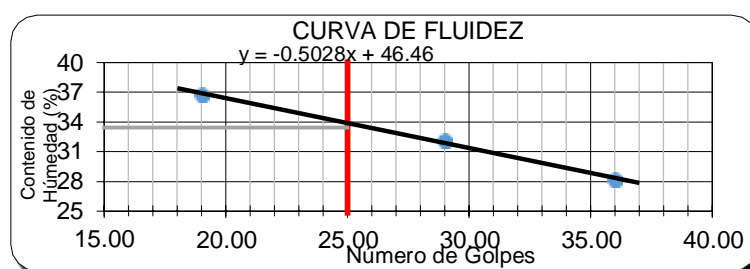
**Figura n° 35:** Ranuración de la muestra dentro de la copa Casagrande, para limite líquido.

Cantera La Victoria

Datos de Ensayo		Límite Líquido			Límite Plástico		
1.-	Nº de Tara	1	2	3	4	5	
2.-	Nº de Golpes	g.	36	29	19		
3.-	Peso de muestra humedad + tara	g.	40.07	44.05	37.09	29.11	31.13
4.-	Peso de muestra seca + tara	g.	32.81	35.05	29.02	26.11	27.13
5.-	Peso del agua	g.	7.26	9	8.07	3	4
6.-	Peso de tara	g.	7.07	7.05	7.09	7.11	7.13
7.-	Peso de muestra seca	g.	25.74	28	21.93	19	20
8.-	Contenido de humedad	%	28.21	32.14	36.80	15.79	20.00

**Tabla n° 18:** Datos de las muestras Cantera La Victoria.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura n° 36:** Curva de fluidez y resultados de Cantera La Victoria

**Fuente:** Elaboración propia.

Resumen de los límites e Índice de plasticidad.

Límite Líquido	%	33.453
Límite Plástico	%	17.895
Índice de Plasticidad	%	15.558

**Tabla n° 19:** Límites e Índice de plasticidad

**Fuente:** Elaboración propia.

**Análisis:** Se presenta un índice de plasticidad de 15.558%, lo cual indica que la cantera presenta un índice de plasticidad adecuado.

### 3.1.2.5. Compactación (Próctor Modificado)

Se realizó a las dos canteras, con una muestra de 70 kg aproximadamente para cada cantera, se secó el material, se realizó la granulometría respectiva para seleccionar el método a usar, siendo el método C con el molde de 6", luego se procedió a realizar el ensayo. **Ver Anexo n° 2**



**Figura n° 37:** Tamizado de la muestra para hallar el método de compactación a usar.

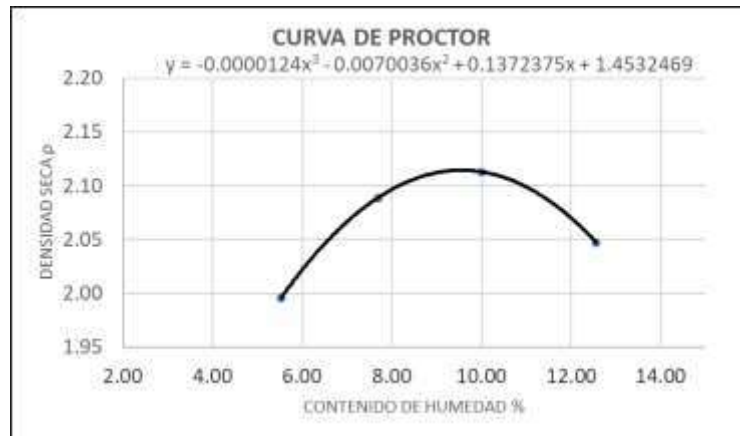


**Figura n° 38:** Incorporación de agua a la muestra a compactar.



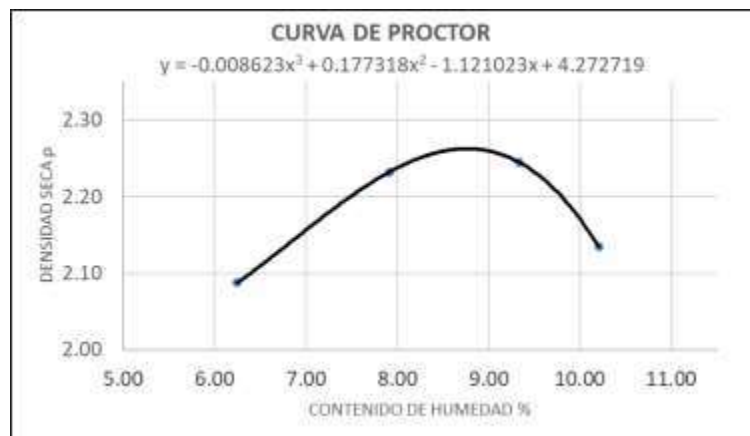
**Figura n° 39:** Compactado de muestra (5 capas) de cantera La Victoria con el método C.

Teniendo los resultados en las tablas siguientes:



**Figura n° 40:** Gráfica del ensayo de Próctor de la cantera la Victoria

**Fuente:** *Elaboración propia.*



**Figura n° 41:** Gráfica del ensayo de Próctor de la cantera de 3 Tomas.

**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Resumen de los resultados del ensayo de próctor modificado**

CANTERA	M.D.S	O.C.H
La Victoria	2.11	9.58
Tres Tomas	2.26	8.75

**Tabla n° 20:** Resultados del ensayo próctor modificado

**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Análisis:** En la tabla se visualiza que la muestras cumplen con la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad al 100% de compactación.

### 3.1.2.6. Corte directo

Se aplicó a dos muestras alteradas de las canteras “La Victoria” (Pátapo) y “Tres Tomas” (Ferreñafe), se prepararon 3 especímenes de cada muestra con una carga estimada para cada uno. Ver Anexo n° 2



**Figura n° 42:** Compactado de muestra (3 capas) dentro del molde de sección circular



**Figura n° 43:** Toma de datos del ensayo, para una determinada carga aplicada.

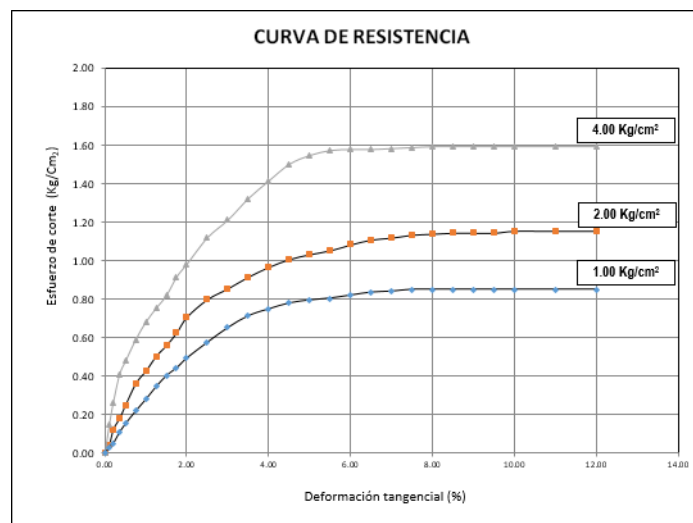
Teniendo los resultados siguientes:

	UNIDAD	CANTERA “LA VICTORIA”	CANTERA “TRES TOMAS”
ÁNGULO DE FRICCIÓN	°	36.63	35.49
COHESIÓN INTERNA	Kg/cm <sup>2</sup>	0.457	0.560

**Tabla n° 21:** Resultados del ensayo Corte Directo

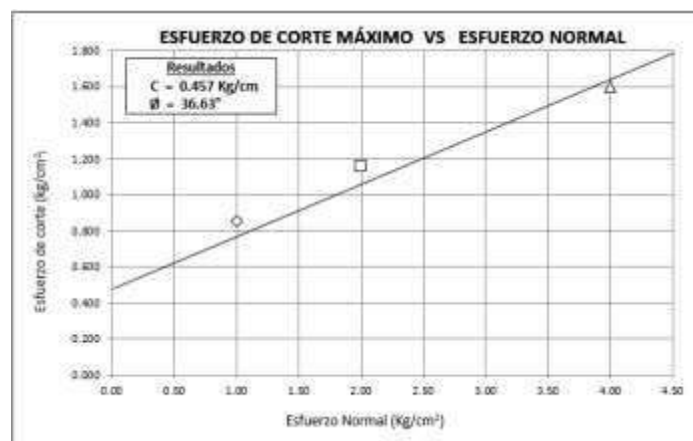
**Fuente:** Elaboración propia.

**Análisis:** En la tabla se visualiza los resultados del ensayo de corte directo aplicados a material afirmado, aproximándose al ensayo In-situ.



**Figura n° 44:** Gráfica de Curva de Resistencia ensayo Corte Directo, cantera La Victoria.

**Fuente:** Elaboración propia.



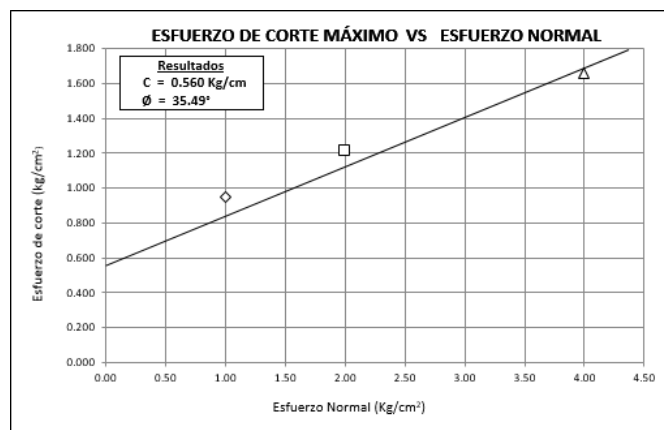
**Figura n° 45:** Gráfica Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal ensayo Corte Directo, cantera La Victoria.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura n° 46:** Gráfica de Curva de Resistencia ensayo Corte Directo, cantera Tres Tomas.

**Fuente:** *Elaboración propia.*



**Figura n° 47:** Gráfica Esfuerzo de corte máximo vs Esfuerzo normal ensayo Corte Directo, cantera Tres Tomas.

**Fuente:** *Elaboración propia.*



### 3.1.3. Estudio Hidrológico.

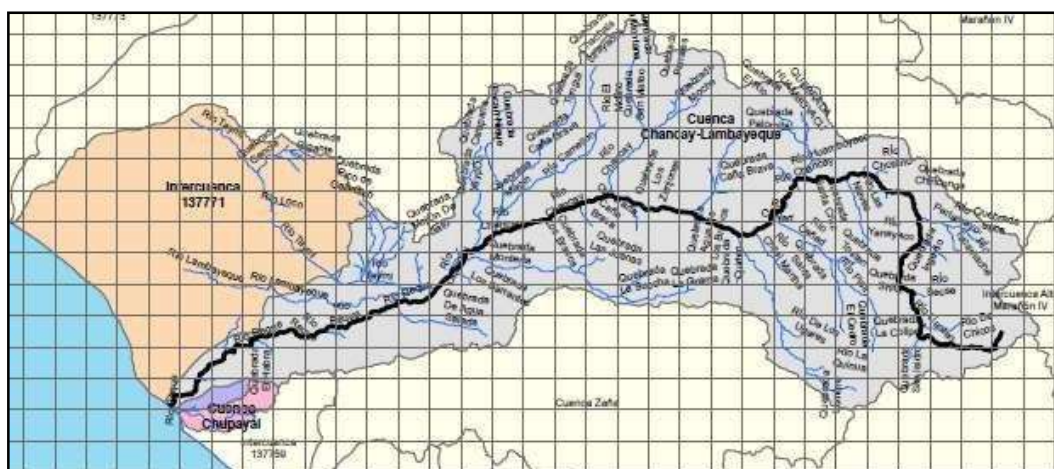
#### 3.1.3.1. Parámetros de forma de la cuenca

Para conocer las características de la cuenca estudiada, se obtuvo los principales parámetros de forma, los cuales son:

**Tabla n° 22:** Parámetros de forma de la cuenca del río Chancay

PARÁMETROS DE FORMA DE LA CUENCA		
Perímetro de la cuenca		507.08 Km
Área total de la cuenca		5585.12 Km <sup>2</sup>
Longitud del río principal		201.61 Km
Ancho promedio de la cuenca		24.15 Km
Coefficiente de compacidad	1.91	Cuenca de forma alargada
Factor de forma	0.104	Cuenca de forma alargada, estando sujeta a menores crecientes continuas.

**Fuente:** Elaboración Propia – ArcGis V.10.5.



NOMBRE	AREA (km <sup>2</sup> )	PERIMETRO (km)
Cuenca Chupayal	62.11	46.83
Intercuenca 137771	1451.73	172.69
Intercuenca 1377599	27.56	30.52
Cuenca Chancay-Lambayeque	4043.72	432.86

**Figura n° 48:** Delimitación de la Cuenca del Río Chancay.

**Fuente:** Elaboración propia – ArcGis V.10.5

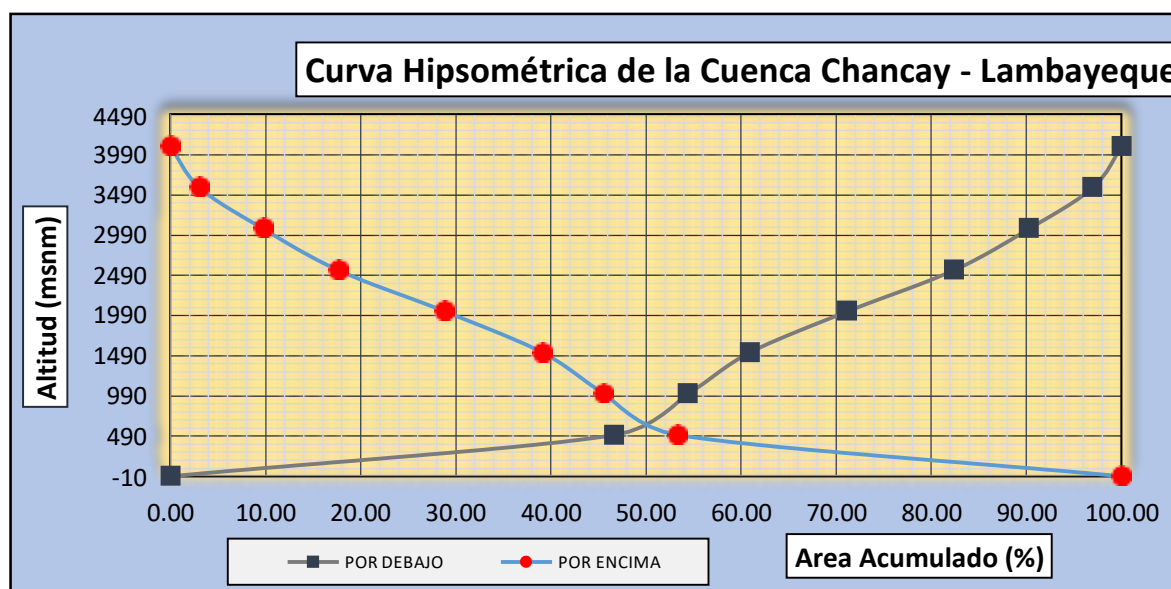
### 3.1.3.2. Parámetros de relieve de la cuenca

#### A. Curva Hipsométrica

**Tabla n° 23:** Áreas parciales y acumuladas – Curva Hipsométrica

ALTITUD m.s.n.m.	AREAS PARCIALES		AREAS ACUMULADAS			
	Km2	(%)	POR DEBAJO (KM2) (%)		POR ENCIMA KM2 (%)	
Punto más bajo -9.00	0.00000000	0.00	0.00	0.00	0.46	100.00
504.25	0.21315347	46.67	0.21	46.67	0.24	53.33
1017.50	0.03532014	7.73	0.25	54.41	0.21	45.59
1530.75	0.02964444	6.49	0.28	60.90	0.18	39.10
2044.00	0.04698264	10.29	0.33	71.18	0.13	28.82
2557.25	0.05115833	11.20	0.38	82.39	0.08	17.61
3070.50	0.03584722	7.85	0.41	90.23	0.04	9.77
3583.75	0.03068819	6.72	0.44	96.95	0.01	3.05
4097.00	0.01391111	3.05	0.46	100.00	0.00	0.00
Punto más alto						
TOTAL	0.46	100.00				

**Fuente:** Elaboración Propia – ArcGis V.10.5



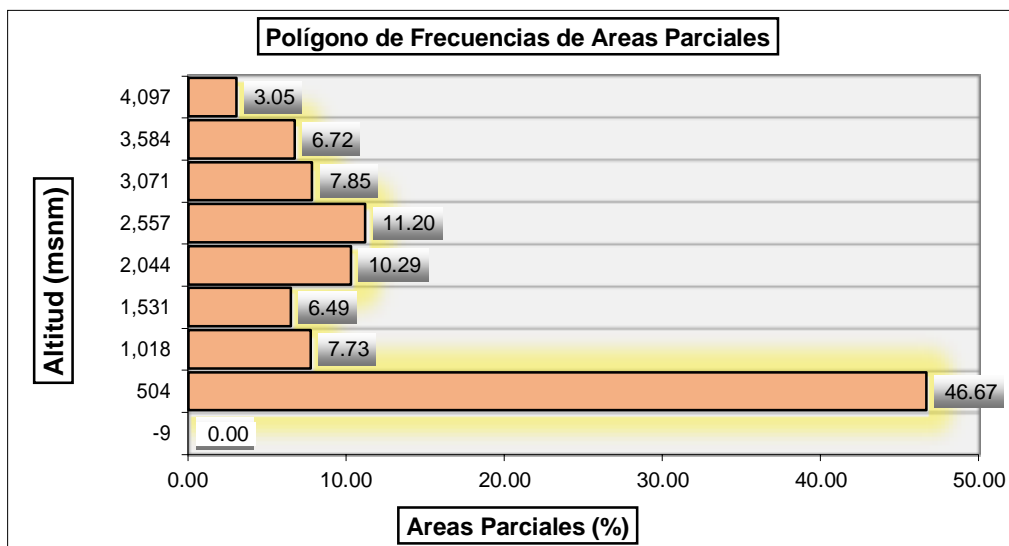
**Figura n° 49:** Curva Hipsométrica de la cuenca del río Chancay

**Fuente:** Elaboración propia

## B. Altitud media simple.

Altitud media simple correspondiente a 2044 msnm.

## C. Polígono de Frecuencia.



**Figura n° 50:** Polígono de frecuencias

**Fuente:** Elaboración propia

## D. Pendiente media de la cuenca en estudio.

La cuenca del río Chancay presenta una pendiente media de 0.05985 m/m

## E. Estimación del Coeficiente de Rugosidad.

Se obtuvo por el método Chowan.

El coeficiente de rugosidad del tramo estudiado del río Chancay es 0.040. **Ver anexo n° 5.1.**

### 3.1.3.3. Estudio Hidrométrico

Para el análisis de máximas descargas se tomaron datos hidrométricos de la estación Racarumi, cuenca Chancay Lambayeque, Obteniendo registros desde los años 1960- hasta 2018. **Ver Anexo n° 3.1**

### 3.1.3.3.1. Análisis De Máximas Descargas

AÑOS	Q max (m3/sg)		AÑOS	Q max (m3/sg)
1960	181.17		1990	37.39
1961	161.32		1991	85.02
1962	248.50		1992	61.70
1963	138.26		1993	322.23
1964	208.06		1994	98.49
1965	216.56		1995	51.46
1966	136.69		1996	98.66
1967	228.75		1997	58.14
1968	135.21		1998	662.20
1969	288.43		1999	341.64
1970	230.09		2000	323.76
1971	858.59		2001	450.24
1972	388.28		2002	315.72
1973	391.05		2003	188.46
1974	222.45		2004	192.92
1975	871.81		2005	376.52
1976	241.20		2006	541.39
1977	282.92		2007	344.16
1978	148.87		2008	572.90
1979	314.34		2009	513.88
1980	127.32		2010	389.30
1981	502.99		2011	282.94
1982	23.00		2012	568.16
1983	783.80		2013	526.45
1984	121.17		2014	300.76
1985	26.41		2015	385.70
1986	95.91		2016	403.48
1987	82.97		2017	470.55
1988	68.41		2018	322.51
1989	107.57			

**Tabla n° 24:** Caudales máximos estación Racarumi.

**Fuente:** PEOT (*Proyecto Especial Olmos Tinajones*)

### 3.1.3.3.2. Pruebas de bondad de ajuste

Con los caudales corregidos por el análisis de consistencia, posteriormente se realizaron las pruebas de bondad de ajuste empleando la prueba Kolmogorov – Smirnov (K-S); este análisis se efectuó con la finalidad de comprobar que las frecuencias empíricas de los registros hidrométricos corregidos por el análisis de consistencia se ajusten a una distribución normal, analizándose de la misma manera para las probabilidades según Weibull, Hazen, California y Tukey. **Ver Anexo n° 3.1.2.**

El cálculo del  $\Delta$  crítico para la prueba K-S, por tener 59 registros hidrométricos ( $N > 35$ ) y con un nivel de significación de 0.05, se empleó la siguiente ecuación:

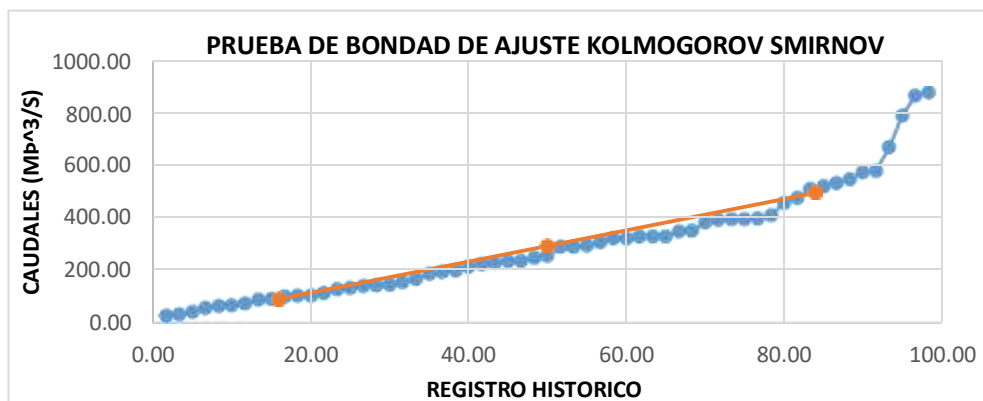
$$\Delta_{\text{crítico}} = \frac{1.36}{\sqrt{N}} \quad \Delta_{\text{crítico}} = 0.1771$$

**Tabla n° 25:** Valores de  $\Delta$  máximo según Weibull, Hazen, California, Tukey y Blom.

Valores de $\Delta$ máx			$\Delta$ crítico
$\Delta$ máx según Weibull	0.0845		<
$\Delta$ máx según Hazen	0.0871		
$\Delta$ máx según California	0.0955		
$\Delta$ máx según Tukey	0.0862		
$\Delta$ máx según Blom	0.0864		

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura n° 51:** Pruebas de bondad de ajuste Kolmogorov Smirnov..



P(%)	Q(M <sup>3</sup> /S)
16.00	86.26
50.00	290.15
80.00	494.04

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.1.3.3.3. Selección del periodo de retorno.

El periodo de retorno de una creciente determinada, se obtiene considerando la probabilidad de falla para la vida útil de la obra, también, así como el riesgo de falla admisible, a través de la siguiente ecuación, de acorde al manual de Hidrología e Hidráulica del MTC.

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, en el capítulo III establece lo siguiente:

Riesgo de Falla Admisible = 25%

Vida Útil a considerar (n) = 40 años

$$25\% = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{40}$$

$$T = 139.54 \text{ Años.}$$

T= 150 años (Periodo de retorno utilizado).

#### 3.1.3.3.4. Determinación del caudal por los diferentes métodos estadísticos

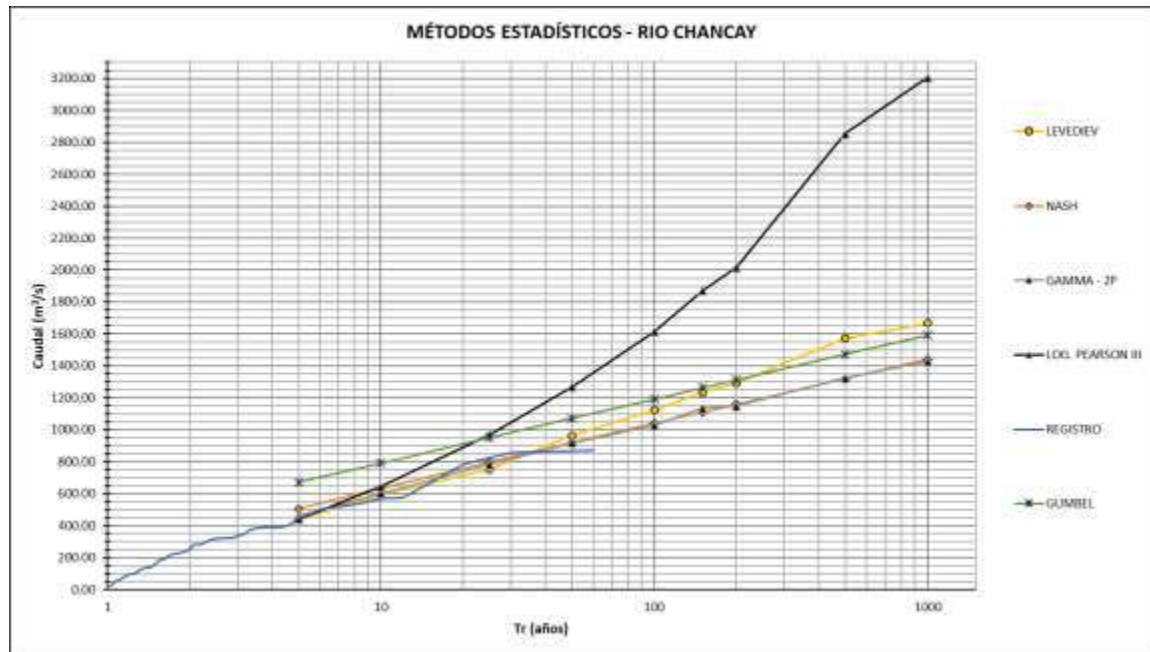
Se usaron los siguientes métodos estadísticos (Gumbel, Levediev, Nash, Logaritmo Pearson Tipo III y Gamma 2 parámetros), para determinar el caudal de diseño para un “Tr” de 150 años.

**Tabla n° 26:** Caudales de diseño por los diferentes métodos estadísticos.

TR (AÑOS)	GUMBEL	LEVEDIEV	NASH	LOG. PEARSON III	GAMMA - 2P
	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)
5	671.43	437.84	505.74	441.00	463.23
10	791.87	591.03	634.67	645.29	601.75
25	951.09	752.54	797.98	971.90	785.12
50	1071.53	965.02	919.41	1268.73	916.97
100	1191.98	1123.64	1040.16	1615.15	1026.98
150	1262.43	<b>1234.69</b>	1110.66	1870.36	1134.09
200	1312.42	1291.67	1160.66	2017.19	1149.47
500	1471.64	1572.89	1319.93	2853.43	1323.08
1000	1592.08	1669.18	1440.50	3203.12	1428.40

**Fuente:** Elaboración propia.

## CAUDALES DE DISEÑO POR LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS



**Figura n° 52:** Caudales de diseño por los métodos estadísticos

**Fuente:** Elaboración propia.

**Análisis:** El Método de Levediev es el que se ha elegido, para el tiempo de retorno de 150 años, con un caudal de  $1234.69 \text{ m}^3/\text{s}$ .

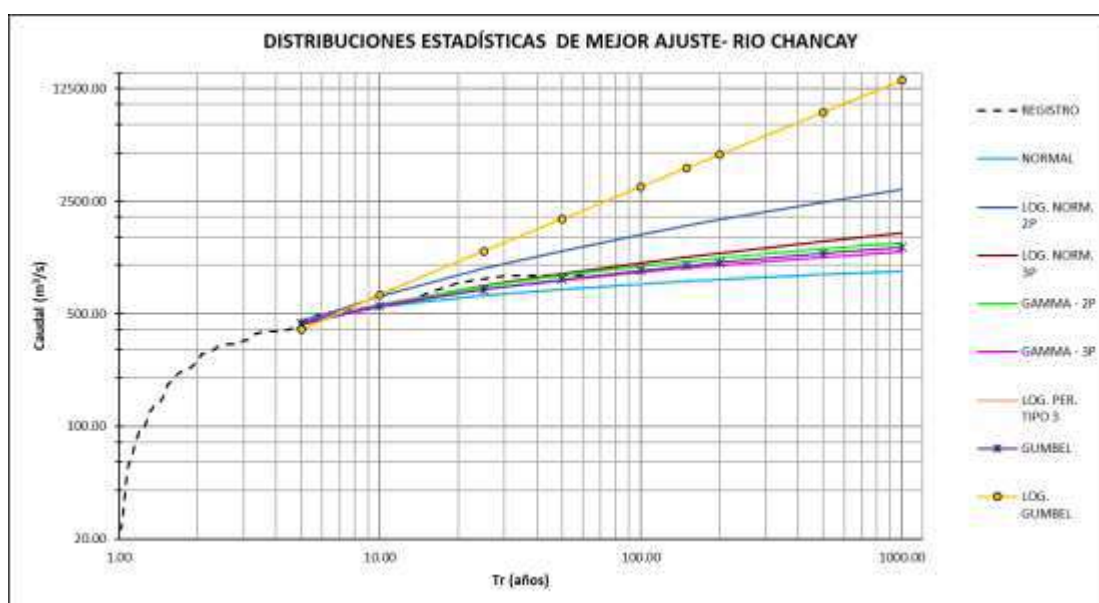
### **3.1.3.3.5. Determinación del caudal con el software hidroesta 2**

Se tuvieron en cuenta las siguientes distribuciones estadísticas (Normal, Logaritmo Normal 2 Parámetros, Logaritmo Normal 3 Parámetros, Gamma 2 parámetros, Gamma 3 parámetros, Logaritmo Pearson Tipo III, Gumbel, Logaritmo Gumbel) para determinar el caudal de diseño para un “Tr” de 150 años.

**Tabla n° 27:** Caudales de diseño por las diferentes distribuciones estadísticas.

Tr (años)	NORMAL	LOG. NORM. 2P	LOG. NORM. 3P	GAMMA - 2P	GAMMA - 3P	LOG. PER. TIPO 3	GUMBEL	LOG. GUMBEL
	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)
	<b>DELTA TEÓRICO DE CADA DISTRIBUCIÓN (Δ)</b>							
	<b>0.0845</b>	<b>0.1061</b>	<b>0.0679</b>	<b>0.0672</b>	<b>0.05527</b>		<b>0.0677</b>	<b>0.1700</b>
<b>5</b>	461.72	442.25	429.37	437.65	444.07		436.84	398.92
<b>10</b>	551.49	641.60	563.97	572.85	563.41		556.14	654.10
<b>25</b>	647.18	953.98	745.00	743.08	707.48		706.87	1221.78
<b>50</b>	708.99	1232.52	887.19	867.80	809.99	<b>NO SE AJUSTA</b>	818.70	1942.20
<b>100</b>	764.57	1551.84	1035.28	990.03	908.59	<b>NO SE AJUSTA</b>	929.70	3076.87
<b>150</b>	<b>794.82</b>	<b>1759.17</b>	<b>1124.97</b>	<b>1060.53</b>	<b>964.73</b>		<b>994.42</b>	<b>4023.70</b>
<b>200</b>	815.43	1916.05	1190.08	1109.98	1003.91		1040.29	4866.26
<b>500</b>	877.06	2473.73	1406.09	1265.22	1125.57		1186.20	8909.46
<b>1000</b>	920.29	2959.18	1578.77	1379.35	1213.97		1296.47	14072.17

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura n° 53:** Caudales de diseño por las diferentes distribuciones estadísticas con el programa Hidroesta 2.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Análisis:** El Método de Logaritmo normal 3 parámetros es el que se ha elegido, para el tiempo de retorno de 150 años, con un caudal de 1124.97 m<sup>3</sup>/s.



### 3.1.3.4. Estudio Pluviométrico

Para este estudio se tomaron datos de las estaciones Lambayeque, Reque, Ferreñafe, Sipán, Tinajones, Llama, Huambos, Chancay Baños, Santa Cruz, Chugur y Quilcate, desde los años 1981- hasta 2016, con ayuda del programa PISCO, proporcionado por SENHAMI y se completaron datos con registros del SENHAMI, excepto para Ferreñafe se completaron con ayuda del software Hidroesta 2. A los datos obtenidos, se realizó el análisis de consistencia, bondad de ajuste y la distribución de mejor ajuste por los siguientes métodos (Normal, Logaritmo Normal 2 Parámetros, Logaritmo Normal 3 Parámetros, Gamma 2 parámetros, Gamma 3 parámetros, Logaritmo Pearson Tipo III, Gumbel, Logaritmo Gumbel) para determinar la precipitación máxima para diferentes “Tr”. **Ver Anexo n° 3.2**

**Tabla n° 28:** Datos pluviométricos de las estaciones cercanas a la cuenca del Río Chancay.

AÑO	ESTACIONES METEOROLÓGICAS CUENCA CHANCAY					
	LAMBAYEQUE	REQUE	FERREÑAFE	SIPÁN	TINAJONES	LLAMA
	P <sub>máx</sub> (mm) de 24h					
1981	11.91	9.86	9.95	14.14	14.23	18.81
1982	0.97	1.52	0.94	0.58	10.23	53.95
1983	22.32	57.88	20.99	37.04	141.89	72.62
1984	4.14	2.58	2.06	3.09	23.19	72.42
1985	3.42	0.90	2.08	1.06	2.16	10.38
1986	5.01	4.27	0.45	0.89	3.21	44.36
1987	1.97	1.90	1.51	2.66	7.25	14.76
1988	1.83	1.21	0.18	0.52	1.83	12.03
1989	1.57	1.55	4.56	4.03	18.57	55.09
1990	1.36	1.08	0.32	0.80	4.30	9.02
1991	1.23	1.75	1.07	1.00	2.09	10.59
1992	7.26	0.94	2.02	4.67	9.43	15.66
1993	4.33	3.76	1.35	6.25	18.02	21.65
1994	10.70	8.92	3.86	8.72	24.82	133.06
1995	5.06	1.08	5.51	4.22	28.04	53.48
1996	1.01	1.43	0.57	1.06	5.84	42.90
1997	8.71	15.66	10.35	17.01	13.70	12.57
1998	68.38	83.60	104.05	86.73	106.24	62.15
1999	11.06	8.89	7.98	8.82	30.92	51.02
2000	2.18	6.10	0.81	1.67	18.90	98.55
2001	32.36	8.95	10.63	6.31	44.28	60.43
2002	12.07	10.00	18.18	12.91	33.70	35.23
2003	8.29	1.89	3.45	4.93	8.38	50.99
2004	1.68	3.89	1.86	1.55	16.63	16.71
2005	0.97	1.44	0.48	0.89	7.86	14.82
2006	10.21	4.48	3.07	4.43	21.01	39.45
2007	0.59	2.71	0.48	1.07	9.27	16.96
2008	12.09	11.27	5.39	5.67	40.75	66.54
2009	3.87	3.85	1.73	2.96	16.43	116.90

<b>2010</b>	13.69	11.35	11.86	8.02	21.40	29.69
<b>2011</b>	6.03	7.33	0.91	2.27	11.86	55.37
<b>2012</b>	11.80	14.95	4.33	6.84	32.07	66.61
<b>2013</b>	6.42	5.82	3.10	9.25	25.31	19.47
<b>2014</b>	1.79	1.75	2.40	5.14	4.96	12.99
<b>2015</b>	11.93	7.35	4.34	4.06	31.16	46.09
<b>2016</b>	7.15	2.78	8.09	5.92	25.20	29.69
<b>2017</b>	60.70	29.80	75.28	50.20	60.70	75.90
<b>2018</b>	3.40	2.30	0.23	5.40	13.80	24.90

<b>AÑO</b>	<b>HUAMBOS</b>	<b>CHANCAY BANOS</b>	<b>SANTA CRUZ</b>	<b>CHUGUR</b>	<b>QUILCATE</b>
<b>1981</b>	38.18	40.86	45.81	34.40	56.09
<b>1982</b>	59.58	58.74	85.54	62.70	31.30
<b>1983</b>	33.22	68.73	99.27	48.30	23.56
<b>1984</b>	38.42	44.00	46.28	102.20	45.16
<b>1985</b>	29.35	87.31	123.97	47.90	30.08
<b>1986</b>	30.34	34.08	37.11	80.90	34.92
<b>1987</b>	27.13	35.06	28.46	43.10	22.98
<b>1988</b>	20.23	51.70	62.51	42.50	25.61
<b>1989</b>	34.68	47.06	47.66	50.00	29.45
<b>1990</b>	18.75	31.33	36.08	34.20	42.37
<b>1991</b>	14.54	30.77	31.91	51.00	30.89
<b>1992</b>	13.71	23.10	17.53	56.30	62.68
<b>1993</b>	39.93	66.50	117.92	40.00	42.18
<b>1994</b>	26.35	43.05	52.16	57.70	42.25
<b>1995</b>	25.94	82.77	104.33	74.70	36.23
<b>1996</b>	43.04	31.81	33.90	33.00	48.12
<b>1997</b>	30.58	70.99	96.79	25.00	43.60
<b>1998</b>	28.68	39.28	44.89	30.30	34.05
<b>1999</b>	43.06	53.85	118.84	33.20	40.82
<b>2000</b>	49.94	51.21	134.61	35.70	40.69
<b>2001</b>	48.83	108.49	102.38	28.60	42.20
<b>2002</b>	34.77	71.75	96.68	27.90	46.11
<b>2003</b>	36.70	67.86	73.11	18.20	33.35
<b>2004</b>	47.76	79.82	91.03	19.50	32.50
<b>2005</b>	25.27	70.30	60.07	19.50	28.71
<b>2006</b>	55.31	64.67	101.84	45.60	31.04
<b>2007</b>	19.10	56.93	57.06	43.00	29.85
<b>2008</b>	62.01	52.59	47.27	27.50	38.40
<b>2009</b>	51.96	109.88	111.25	9.90	32.21
<b>2010</b>	51.75	53.72	53.50	8.80	63.18
<b>2011</b>	46.15	48.74	58.93	64.00	39.45
<b>2012</b>	35.81	43.83	55.64	26.90	39.52
<b>2013</b>	22.30	70.04	70.82	50.00	38.05
<b>2014</b>	20.62	41.89	58.32	63.80	41.86

<b>2015</b>	45.51	42.78	45.44	53.90	30.48
<b>2016</b>	23.74	38.30	37.14	50.90	23.76
<b>2017</b>	56.10	60.50	32.80	85.10	30.70
<b>2018</b>	41.90	41.60	33.20	62.60	23.10

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura n° 54:** Estaciones pluviométricas de la cuenca del río Chancay.

**Fuente:** Elaboración propia – ArcGis V.10.5.

**Tabla n° 29:** Precipitaciones máximas de las estaciones de la cuenca del río Chancay.

<b>ESTACIONES METEOROLÓGICAS – CUENCA DEL RÍO CHANCAY</b>						
	LAMBAYEQUE	REQUE	FERREÑAFUE	SIPÁN	TINAJONES	LLAMA
Pmáx de diseño, Tr=150 años	93.49 Mm	212.85 mm	127.96 mm	101.81 mm	180.15 mm	174.90 mm
Distribución de mejor ajuste por el método estadístico	LOGARITMO NORMAL3 PARÁMETROS	LOGARITMO GUMBEL	LOGARITMO NORMAL 3 PARÁMETROS	LOGARITMO NORMA 3 PARÁMETROS	LOGARITMO NORMAL2 PARÁMETROS	LOGARITMO NORMAL 3 PARÁMETROS

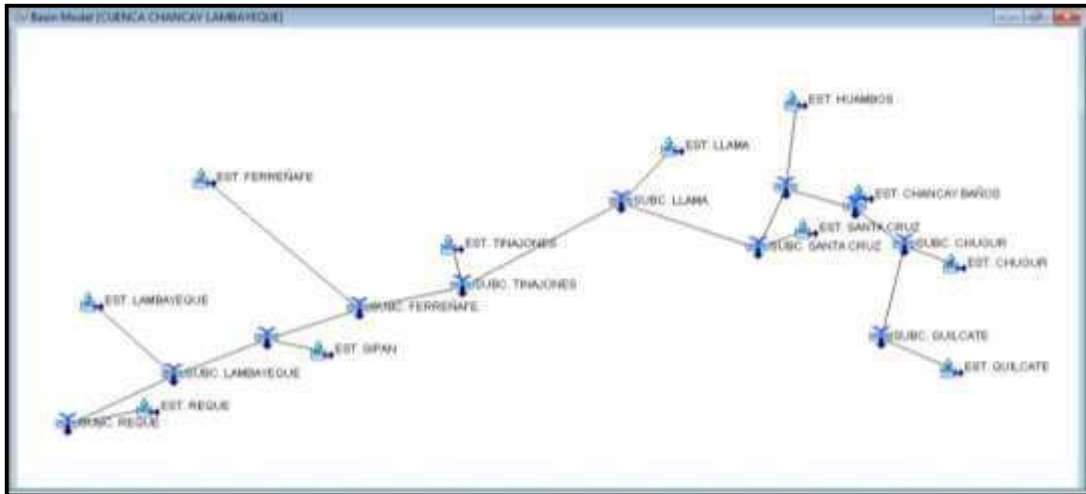
**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla n° 30:** Precipitaciones máximas de las estaciones de la cuenca del río Chancay.

	HUAMBOS	CHANCAY BAÑOS	SANTA CRUZ	CHUGUR	QUILCATE
P <sub>máx</sub> de diseño, Tr=150 años	70.31 Mm	125.69 mm	175.57 mm	96.41 mm	64.14 mm
Distribución de mejor ajuste por el método estadístico	GAMMA 3 PARÁMETROS	GUMBEL	LOGARITMO O NORMAL3 PARÁMETROS	GAMMA 3 PARÁMETROS	GAMMA 2 PARÁMETROS

**Fuente:** Elaboración propia.

Con el software HEC-HMS se calculó el caudal máximo para un Tr=150 años.



**Figura n° 55:** Resultado del hidrograma de diseño para un Tr=150 años.

**Fuente:** Elaboración propia.

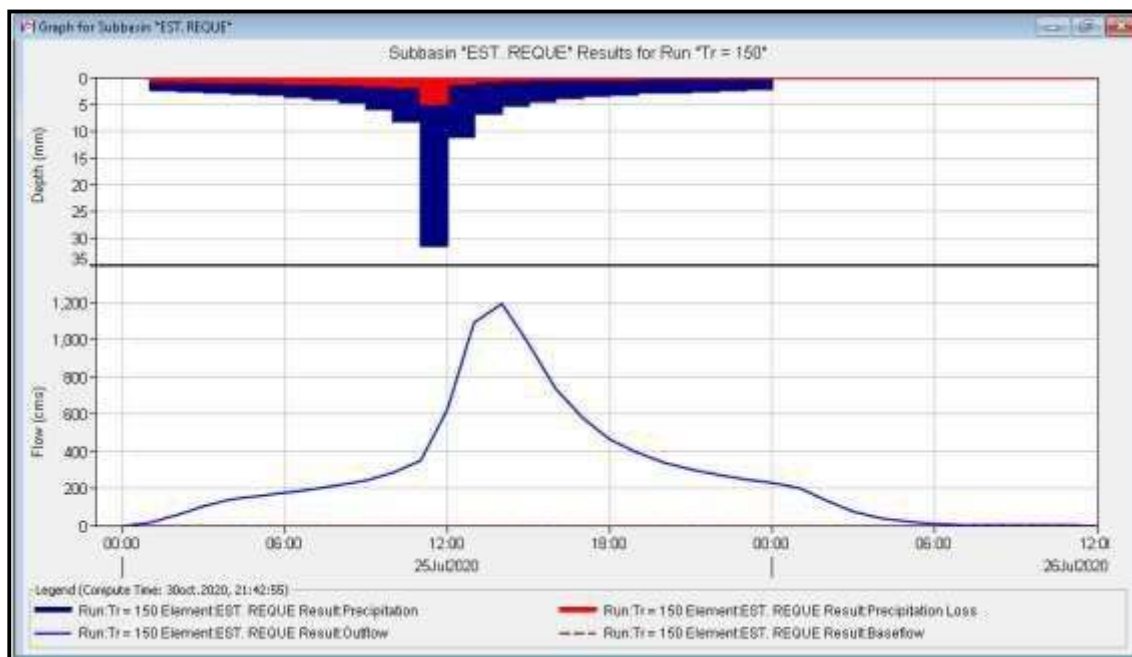
Para el programa HEC-HMS utilizamos los hidrogramas calculados por el HYDROIIA V1.0, en el análisis pluviométrico de cada estación involucrada en la cuenca.

Time-Series Results for Subbasin "EST. REQUE"

Project: MOD CHANCAY LAMBAYEQUE Simulation Run: Tr = 150  
Subbasin: EST. REQUE

Start of Run: 25jul.2020, 00:00 Basin Model: CUENCA CHANCAY LAMBAYEQUE  
End of Run: 26jul.2020, 12:00 Meteorologic Model: Modelo 1  
Compute Time:30oct.2020, 21:42:55 Control Specifications:Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
25jul.2020	00:00				0.0	0.0	0.0
25jul.2020	01:00	2.36	0.71	1.65	14.7	0.0	14.7
25jul.2020	02:00	2.48	0.74	1.74	59.4	0.0	59.4
25jul.2020	03:00	2.63	0.79	1.84	106.5	0.0	106.5
25jul.2020	04:00	2.80	0.84	1.96	139.1	0.0	139.1
25jul.2020	05:00	3.01	0.90	2.11	161.0	0.0	161.0
25jul.2020	06:00	3.28	0.98	2.30	179.0	0.0	179.0
25jul.2020	07:00	3.62	1.09	2.53	196.8	0.0	196.8
25jul.2020	08:00	4.08	1.22	2.86	216.9	0.0	216.9
25jul.2020	09:00	4.75	1.33	3.42	242.9	0.0	242.9
25jul.2020	10:00	5.86	1.46	4.40	282.1	0.0	282.1
25jul.2020	11:00	8.20	1.77	6.43	349.9	0.0	349.9
25jul.2020	12:00	31.55	4.80	26.75	623.9	0.0	623.9
25jul.2020	13:00	11.07	1.20	9.87	1091.5	0.0	1091.5
25jul.2020	14:00	6.76	0.65	6.11	1193.8	0.0	1193.8
25jul.2020	15:00	5.22	0.46	4.76	980.3	0.0	980.3
25jul.2020	16:00	4.38	0.36	4.02	741.6	0.0	741.6
25jul.2020	17:00	3.83	0.30	3.53	577.4	0.0	577.4
25jul.2020	18:00	3.44	0.26	3.18	466.6	0.0	466.6
25jul.2020	19:00	3.14	0.23	2.91	391.1	0.0	391.1
25jul.2020	20:00	2.91	0.20	2.71	338.8	0.0	338.8
25jul.2020	21:00	2.71	0.18	2.53	301.3	0.0	301.3
25jul.2020	22:00	2.54	0.17	2.37	273.4	0.0	273.4
25jul.2020	23:00	2.41	0.15	2.26	250.9	0.0	250.9
26jul.2020	00:00	2.29	0.14	2.15	233.2	0.0	233.2
26jul.2020	01:00	0.00	0.00	0.00	201.5	0.0	201.5
26jul.2020	02:00	0.00	0.00	0.00	136.2	0.0	136.2
26jul.2020	03:00	0.00	0.00	0.00	74.7	0.0	74.7
26jul.2020	04:00	0.00	0.00	0.00	38.1	0.0	38.1
26jul.2020	05:00	0.00	0.00	0.00	19.8	0.0	19.8
26jul.2020	06:00	0.00	0.00	0.00	10.2	0.0	10.2
26jul.2020	07:00	0.00	0.00	0.00	5.1	0.0	5.1
26jul.2020	08:00	0.00	0.00	0.00	2.6	0.0	2.6
26jul.2020	09:00	0.00	0.00	0.00	1.2	0.0	1.2
26jul.2020	10:00	0.00	0.00	0.00	0.5	0.0	0.5
26jul.2020	11:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
26jul.2020	12:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0



**Figura n° 56.** Caudal máximo para un Tr=150 años, según datos pluviométricos.

**Fuente:** Elaboración Propia – HEC-HMS

**Tabla n° 31:** Caudal máximo

	<b>Datos Hidrométricos</b>	<b>Datos Pluviométricos</b>
Caudal máximo de diseño, Tr=150 años	1234.69 m <sup>3</sup> /s 1124.97 m <sup>3</sup> /s	1193.80 m <sup>3</sup> /s

**Fuente:** Elaboración Propia

**Nota:** Se ha considerado como  $Q_{\text{máx}} = 1234.69 \text{ m}^3/\text{s}$ , ya que para el cálculo del  $Q_{\text{máx}} = 1193.80 \text{ m}^3/\text{s}$  se ha asumido el valor del número de curva general en 75, se tendría que hacer un estudio exacto de la zona para saber cuánto es el valor de CN.

### 3.1.4. Estudio Hidráulico.

#### 3.1.4.1. Ancho estable del río.

Se determinó la comprobación del ancho estable del río Chancay en el tramo puente Eten-Monsefú, a través de los métodos de Pettits, Simons y Henderson, Blench, Altunin, considerando el caudal de diseño obtenido. **Ver Anexo n° 4.1**

**Tabla n° 32:** Ancho Estable de la Sección del Río en la Zona de Estudio

<b>Descripción del Método</b>	<b>Ancho Estable B(m)</b>
Método de Pettits	156.01 m.
Método de Simons y Hernderson	98.39 m.
Método de Blech	179.89 m.
Método de Altunin	195.04 m.
Recomendación práctica	110.00 m.
<b><i>Se Adoptó B =150.00 Metros</i></b>	

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **3.1.4.2. Socavación.**

Se determinó la socavación general en el río Chancay, tramo puente Eten-Monsefú, usando el método de Lischvan-Levedeiev; teniendo en consideración cálculos, como el ancho estable del río, velocidad del flujo, tirante de diseño.

Los parámetros hidráulicos se obtuvieron, considerando el caudal de diseño de 1234.69 m<sup>3</sup>/s, con un periodo de retorno de 150 años, de acuerdo al Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. **Ver Anexo N° 4.2.**

**Tabla n° 33:** Profundidad de socavación general del cauce.

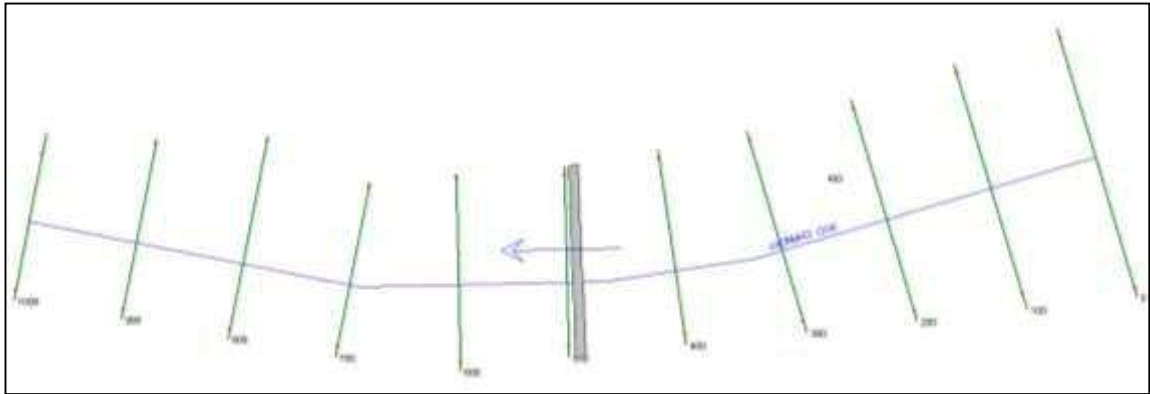
<b>Tramo de Estudio</b>	<b>Hs (m)</b>
Puente Eten - Monsefú	3.70

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **3.1.4.3. Modelación hidráulica con uso del software Hec-Ras 5.0.7 de la zona de investigación.**

##### **A. Modelamiento de la Superficie actual del tramo de estudio.**

Habiéndose echo el levantamiento topográfico, se trasladaron los datos al programa Autocad Civil 3D, próximamente exportamos las secciones transversales a cada 100 m al software Hec-Ras, como se ve en la Figura n° 56, agregándole los diferentes caudales de diseño de cada periodo de retorno, para verificar si la topografía existente resiste a una máxima avenida. **Ver Anexo N° 4.3**



**Figura n° 57:** Geometría exportada de las secciones transversales del río Chancay, tramo puente Eten – Monsefú.

**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7

Se escogen las rugosidades de las paredes del río, para el caso de esta investigación, siendo las paredes de uso de protección con elementos prefabricados de concreto simple y siendo este mismo una geometría no uniforme se consideró igual a 0.030, y para la base del río por contener una superficie con vegetación y piedras será igual a 0.040 (**Ver Anexo n° 5.1**).

Edit Manning's n or k Values

River: RIO CHANCAY  Edit Interpolated XS's Channel n Values have a light green background

Reach: RIO All Regions

Selected Area Edit Options: Add Constant ... Multiply Factor ... Set Values ... Replace ... Reduce to L Ch R ...

	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	1000	n	0.03	0.04	0.04
2	900	n	0.03	0.04	0.04
3	800	n	0.03	0.04	0.04
4	700	n	0.03	0.04	0.04
5	600	n	0.03	0.04	0.04
6	500	n	0.03	0.04	0.03
7	495	Bridge			
8	400	n	0.03	0.04	0.03
9	300	n	0.03	0.04	0.03
10	200	n	0.03	0.04	0.03
11	100	n	0.03	0.04	0.03
12	0	n	0.03	0.04	0.03

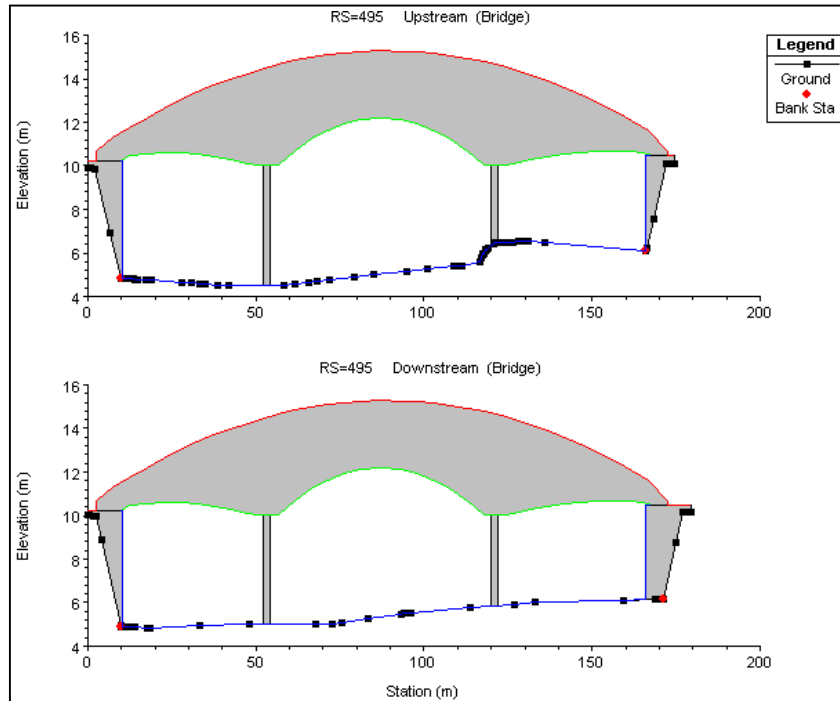
OK Cancel Help

**Figura n° 58:** Rugosidades en las paredes y base del canal natural.

**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7

La colocación del puente Eten – Monsefú, se realizó teniendo en cuenta sus características geométricas, con las visitas realizadas a la zona de estudio, se encuentra en el Km 0+495.00, del alineamiento del río considerado.

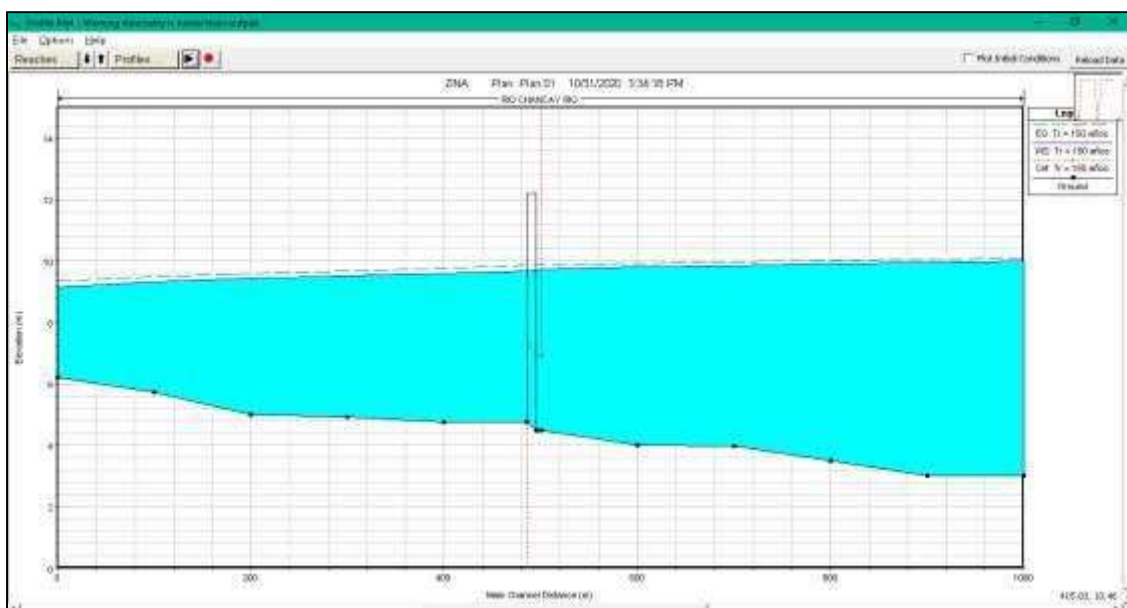




**Figura n° 59:** Colocación de las características geométricas del puente Eten – Monsefú.

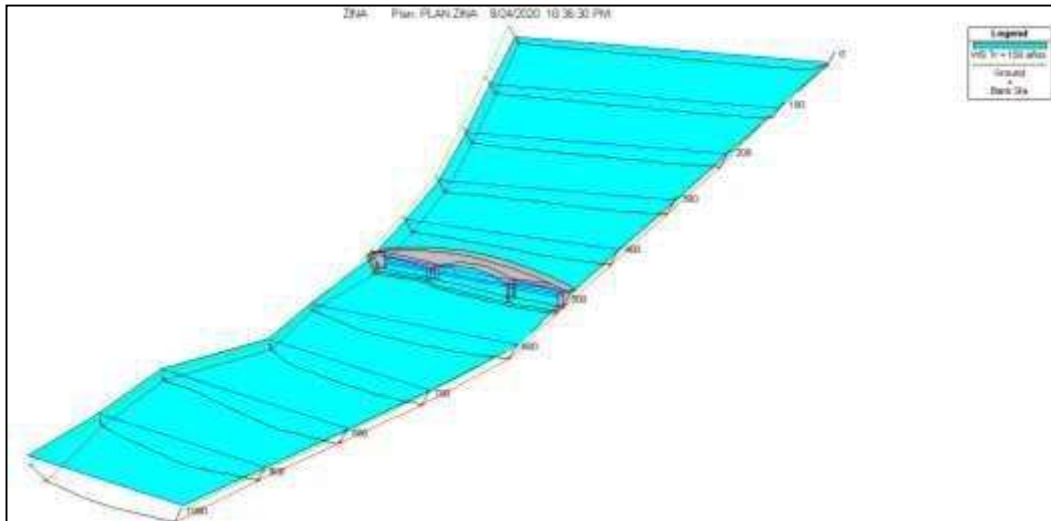
**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7

Siendo el método de Levediev, la distribución estadística que más se ajusta a los registros históricos de los caudales máximos por año, el caudal de diseño a usar, será el que tiene un periodo de retorno de 150 años ( $T_r = 150$  años) que es igual a  $1234.69 \text{ m}^3/\text{s}$ .



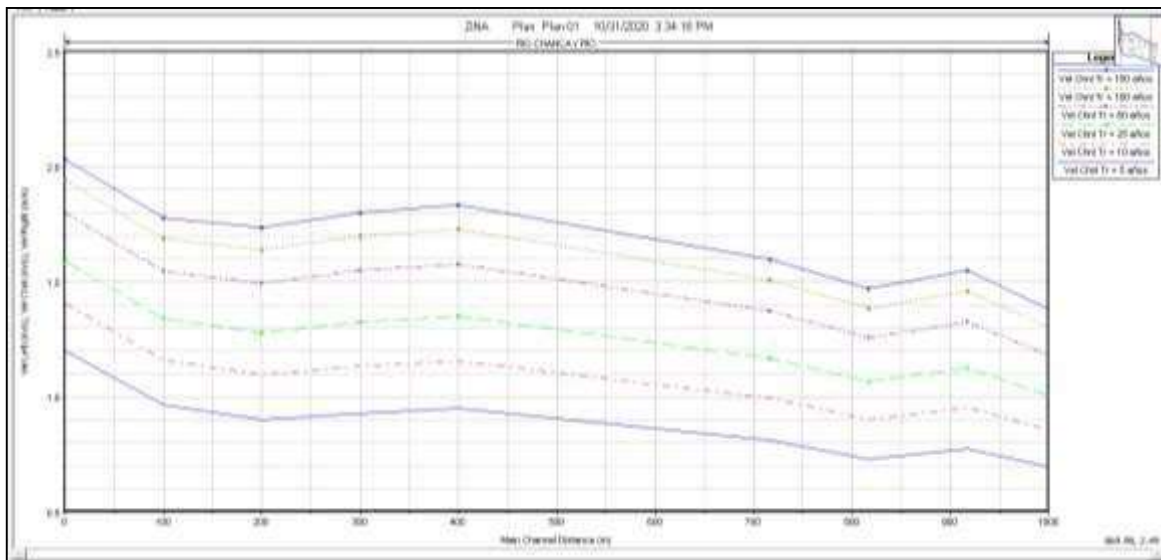
**Figura n° 60:** Perfil del río Chancay, tramo puente Eten Monsefú ( $T_r = 150$  años).

**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7



**Figura n° 61:** Vista tridimensional en software Hec – Ras 5.0, del río Chancay, tramo puente Eten – Monsefú.

**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7



**Figura n° 62:** Gráfica Velocidad vs Progresiva.

**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7

**Resumen de datos hidráulicos de las secciones transversales.**

PROCESIVA	T.	CAUDAL (Q)	ELEV. MÍNIMA	ELEV. MÁXIMA	v	v	ÁREA (A)	ESPEJO DE AGUA (T)	NÚMERO DE FROUDE (F)
(km)	(años)	(m3/s)	(m)	(m.s.n.m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1+000.00	5	437.84	3.00	8.47	5.47	0.58	748.54	157.82	0.09
1+000.00	10	591.03	3.00	8.83	5.83	0.73	805.00	160.02	0.10
1+000.00	25	752.54	3.00	9.16	6.16	0.88	858.36	160.02	0.12
1+000.00	50	965.02	3.00	9.56	6.56	1.05	921.69	160.02	0.14
1+000.00	100	1123.64	3.00	9.83	6.83	1.16	965.04	160.02	0.15
1+000.00	150	1234.69	3.00	10.01	7.01	1.24	993.64	160.02	0.16
0+900.00	5	437.84	3.00	8.46	5.46	0.67	648.69	156.12	0.11
0+900.00	10	591.03	3.00	8.80	5.80	0.84	703.08	156.64	0.13
0+900.00	25	752.54	3.00	9.13	6.13	1.00	754.72	158.80	0.15
0+900.00	50	965.02	3.00	9.52	6.52	1.18	816.11	158.80	0.17
0+900.00	100	1123.64	3.00	9.78	6.78	1.31	858.08	158.80	0.18
0+900.00	150	1234.69	3.00	9.96	6.96	1.39	885.74	158.80	0.19
0+800.00	5	437.84	3.49	8.44	4.95	0.68	643.11	180.10	0.12
0+800.00	10	591.03	3.49	8.79	5.30	0.84	705.82	183.00	0.14
0+800.00	25	752.54	3.49	9.11	5.62	0.98	764.87	183.65	0.15
0+800.00	50	965.02	3.49	9.49	6.00	1.15	835.87	185.85	0.17
0+800.00	100	1123.64	3.49	9.75	6.26	1.27	884.51	185.85	0.19
0+800.00	150	1234.69	3.49	9.93	6.44	1.35	916.58	185.85	0.19
0+700.00	5	437.84	3.99	8.42	4.43	0.77	566.34	156.51	0.13
0+700.00	10	591.03	3.99	8.75	4.76	0.95	619.25	159.53	0.15
0+700.00	25	752.54	3.99	9.07	5.08	1.12	669.08	160.00	0.18
0+700.00	50	965.02	3.99	9.43	5.44	1.33	728.31	162.89	0.20
0+700.00	100	1123.64	3.99	9.69	5.70	1.46	769.34	162.89	0.21
0+700.00	150	1234.69	3.99	9.85	5.86	1.55	796.34	162.89	0.22
0+600.00	5	437.84	4.00	8.41	4.41	0.73	600.14	166.45	0.12
0+600.00	10	591.03	4.00	8.73	4.73	0.90	655.39	169.07	0.15
0+600.00	25	752.54	4.00	9.04	5.04	1.06	707.39	169.54	0.17
0+600.00	50	965.02	4.00	9.40	5.40	1.26	768.90	170.10	0.19
0+600.00	100	1123.64	4.00	9.65	5.65	1.39	811.24	172.97	0.20
0+600.00	150	1234.69	4.00	9.82	5.82	1.47	839.49	172.97	0.21
0+500.00	5	437.84	4.50	8.38	3.88	0.81	540.40	167.82	0.14
0+500.00	10	591.03	4.50	8.70	4.20	1.00	594.00	168.76	0.17
0+500.00	25	752.54	4.50	9.00	4.50	1.17	644.34	169.65	0.19
0+500.00	50	965.02	4.50	9.35	4.85	1.37	703.95	170.69	0.22
0+500.00	100	1123.64	4.50	9.59	5.09	1.51	744.82	172.71	0.23
0+500.00	150	1234.69	4.50	9.74	5.24	1.60	772.07	172.95	0.24

0+495.00		Puente	0.00							
0+400.00	5	437.84	4.77	8.33	3.56	0.95	461.62	165.37	0.18	
0+400.00	10	591.03	4.77	8.63	3.86	1.16	511.24	166.27	0.21	
0+400.00	25	752.54	4.77	8.90	4.13	1.35	557.59	167.11	0.24	
0+400.00	50	965.02	4.77	9.23	4.46	1.58	612.22	168.09	0.26	
0+400.00	100	1123.64	4.77	9.45	4.68	1.73	649.46	168.75	0.28	
0+400.00	150	1234.69	4.77	9.60	4.83	1.83	674.06	169.19	0.29	
0+300.00	5	437.84	4.93	8.29	3.36	0.93	471.41	173.80	0.18	
0+300.00	10	591.03	4.93	8.58	3.65	1.13	521.65	174.67	0.21	
0+300.00	25	752.54	4.93	8.85	3.92	1.32	568.52	175.47	0.23	
0+300.00	50	965.02	4.93	9.16	4.23	1.55	623.74	176.41	0.26	
0+300.00	100	1123.64	4.93	9.37	4.44	1.70	661.38	177.05	0.28	
0+300.00	150	1234.69	4.93	9.51	4.58	1.80	686.23	177.47	0.29	
0+200.00	5	437.84	5.00	8.26	3.26	0.90	486.14	189.56	0.18	
0+200.00	10	591.03	5.00	8.53	3.53	1.10	538.97	190.41	0.21	
0+200.00	25	752.54	5.00	8.79	3.78	1.28	588.23	191.19	0.23	
0+200.00	50	965.02	5.00	9.09	4.09	1.49	646.28	192.10	0.26	
0+200.00	100	1123.64	5.00	9.30	4.30	1.64	685.86	192.73	0.28	
0+200.00	150	1234.69	5.00	9.44	4.44	1.73	712.00	193.14	0.29	
0+100.00	5	437.84	5.73	8.20	2.47	0.96	454.61	211.10	0.21	
0+100.00	10	591.03	5.73	8.47	2.74	1.16	510.58	211.90	0.24	
0+100.00	25	752.54	5.73	8.71	2.98	1.34	562.81	212.64	0.26	
0+100.00	50	965.02	5.73	9.00	3.27	1.55	624.49	213.52	0.29	
0+100.00	100	1123.64	5.73	9.20	3.47	1.69	666.64	214.12	0.31	
0+100.00	150	1234.69	5.73	9.33	3.60	1.78	694.49	214.51	0.32	
0+000.00	5	437.84	6.22	8.10	1.88	1.20	364.24	231.75	0.31	
0+000.00	10	591.03	6.22	8.34	2.12	1.41	420.47	232.48	0.33	
0+000.00	25	752.54	6.22	8.56	2.34	1.59	473.18	233.17	0.36	
0+000.00	50	965.02	6.22	8.83	2.61	1.80	535.82	233.98	0.38	
0+000.00	100	1123.64	6.22	9.02	2.80	1.94	578.83	234.53	0.39	
0+000.00	150	1234.69	6.22	9.14	2.92	2.03	607.33	234.90	0.40	

**Tabla n° 34:** Resumen de parámetros hidráulicos.

**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7

**Tabla n° 35:** Tirante mínimo y máximo del tramo km 0+000 a km 1+000.

Tr (años)	Caudal Q (m <sup>3</sup> /s)	Tirante mínimo (Y)		Tirante máximo Y	
		(m)	Progresiva (km)	(m)	Progresiva (km)
5	437.84	1.88	0+000	5.47	1+000
10	591.03	2.12	0+000	5.83	1+000
25	752.54	2.34	0+000	6.16	1+000
50	965.02	2.61	0+000	6.56	1+000
100	1123.64	2.80	0+000	6.83	1+000
150	1234.69	2.92	0+000	7.01	1+000

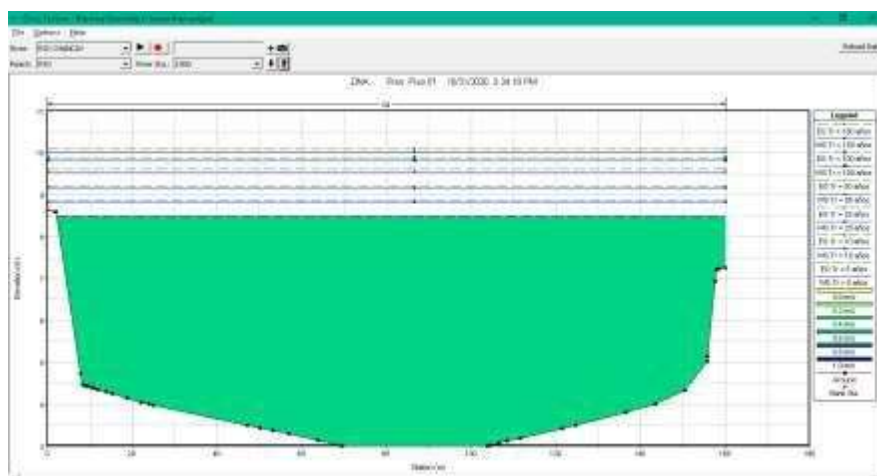
**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7

**Tabla n° 36:** Secciones de desbordamiento de caudal – prog. km 0+000 a km 1+000.

Tr (años)	Caudal Q (m <sup>3</sup> /s)	Márgen Izquierda Progresiva (km)	Márgen Derecha Progresiva (km)
5	437.84	No existe desbordamiento	0+900 – 1+000
10	591.03	No existe desbordamiento	0+600 – 1+000
25	752.54	No existe desbordamiento	0+600 – 1+000
50	965.02	No existe desbordamiento	0+600 – 1+000
100	1123.64	No existe desbordamiento	0+500 – 1+000
150	1234.69	No existe desbordamiento	0+500 – 1+000

**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7

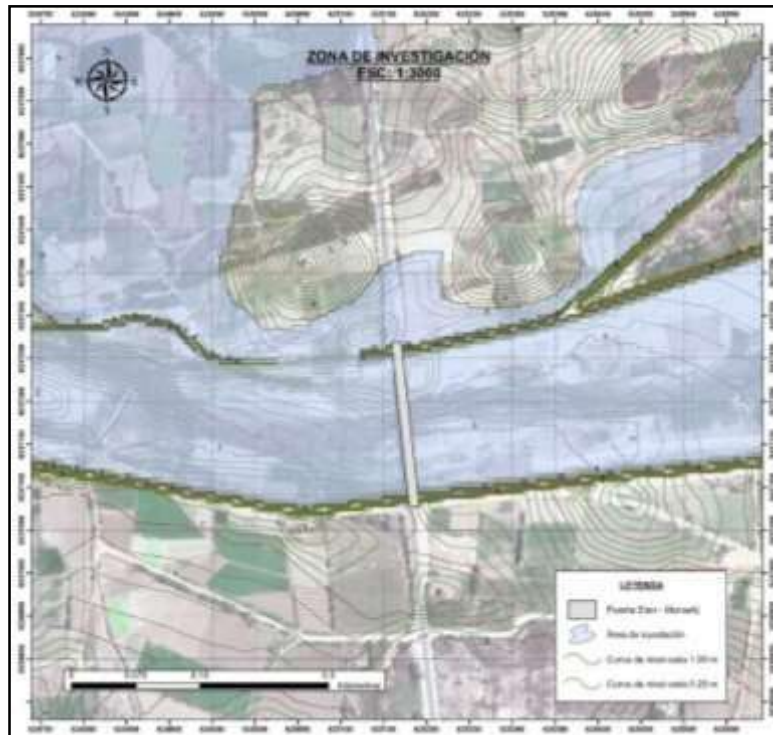
En la figura n° 63, se muestra la sección transversal de mayor ancho y altura en ambas márgenes de su cauce del tramo aguas abajo del puente Eten-Monsefú, con la finalidad de dar a entender que, si existió desbordamiento del caudal para todos los periodos de retorno. De esta forma se confirma que en las demás secciones de menor ancho va a existir también un desbordamiento de caudal.



**Figura n° 63:** Sección transversal de mayor ancho y altura del tramo aguas abajo Km 1+000.00.

**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7

Como se muestra en la imagen, la inundación ha afectado a zonas de cultivo, donde también personas tendrían establecidas casas de material entre carrizo o barro, que fácilmente se podrían derrumbar con desastres como del fenómeno de “El niño costero”, es por ello que esta sería una razón más para realizar un diseño adecuado para las defensas ribereñas y por ende ayudar a los pobladores que se dedican directamente a este tipo de trabajos.



**Figura n° 64:** Inundación de la zona actual del proyecto.

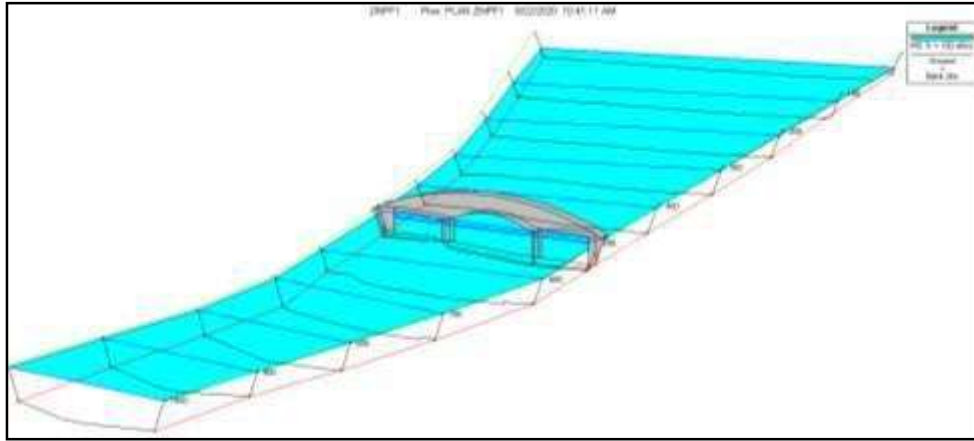
**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7

### **B. Modelamiento de la Superficie proyectada en el tramo de estudio.**

Ya que ocurrió desbordamiento en la superficie actual de la defensa, se optó por diseñar la defensa ribereña con los siguientes parámetros:

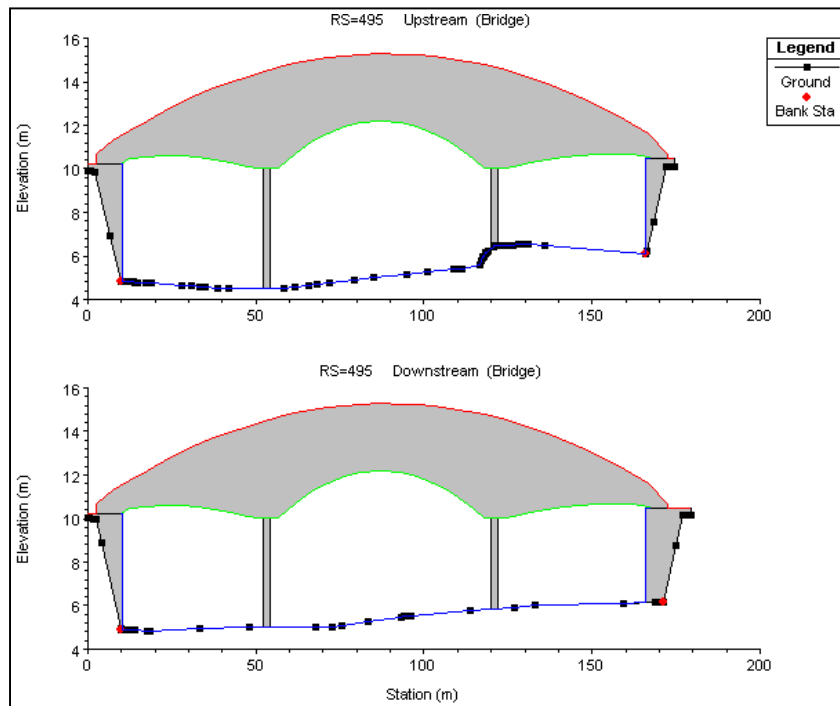
Para la base se consideró el ancho estable de 150 m desde el km 0+000 hasta el km 1+000.

Para ambas márgenes se consideró un talud de 1:5 para la cara mojada y 1:1 para la cara seca, y una altura de 5.60 m.



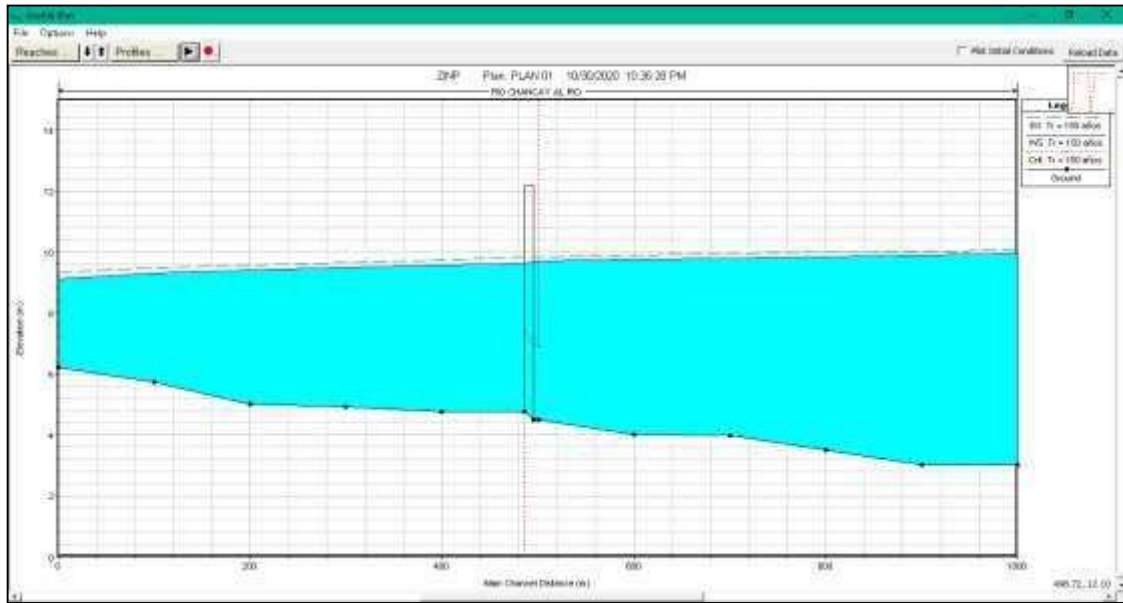
**Figura n° 65:** Vista tridimensional en software Hec – Ras 5.0, del río Chancay, tramo puente Eten – Monsefú.

**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7



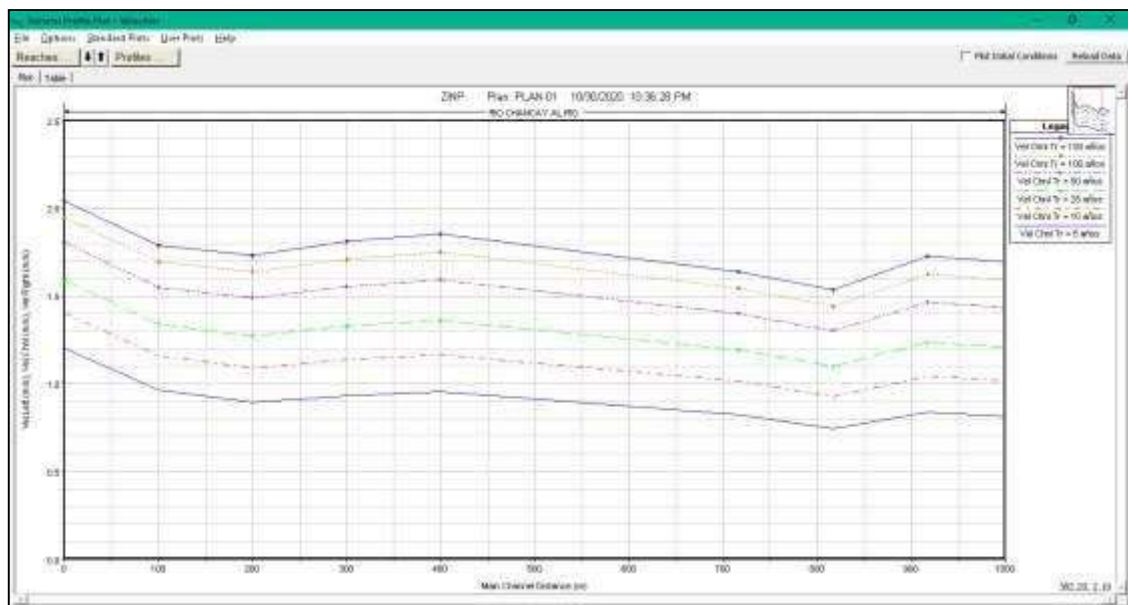
**Figura n° 66:** Colocación de las características geométricas del puente Eten – Monsefú.

**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7



**Figura n° 67:** Perfil del río Chancay, tramo puente Eten Monsefu ( $T_r = 150$  años).

**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7



**Figura n° 68:** Gráfica Velocidad vs Progresiva.

**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7



**Resumen de datos hidráulicos de las secciones transversales.**

PROCESIVA	T.	CAUDAL (Q)	ELEV. MÍNIMA	ELEV. MÁXIMA	v	v	ÁREA (A)	ESPEJO DE AGUA (T)	NÚMERO DE FROUDE (F)
(km)	(años)	(m3/s)	(m)	(m.s.n.m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1+000.00	5	437.84	3.00	8.46	5.46	0.68	639.90	133.87	0.10
1+000.00	10	591.03	3.00	8.81	5.81	0.86	686.62	134.91	0.12
1+000.00	25	752.54	3.00	9.13	6.13	1.03	730.93	135.89	0.14
1+000.00	50	965.02	3.00	9.52	6.52	1.23	783.64	137.05	0.16
1+000.00	100	1123.64	3.00	9.78	6.78	1.37	819.88	137.84	0.18
1+000.00	150	1234.69	3.00	9.96	6.96	1.46	844.04	138.36	0.19
0+900.00	5	437.84	3.00	8.44	5.44	0.75	579.97	132.79	0.12
0+900.00	10	591.03	3.00	8.78	5.78	0.95	625.35	133.81	0.14
0+900.00	25	752.54	3.00	9.10	6.10	1.13	668.28	134.77	0.16
0+900.00	50	965.02	3.00	9.48	6.48	1.34	719.23	135.89	0.19
0+900.00	100	1123.64	3.00	9.74	6.74	1.49	754.17	136.66	0.20
0+900.00	150	1234.69	3.00	9.91	6.91	1.59	777.44	137.17	0.21
0+800.00	5	437.84	3.49	8.42	4.93	0.81	541.73	131.70	0.13
0+800.00	10	591.03	3.49	8.76	5.27	1.01	585.71	132.70	0.15
0+800.00	25	752.54	3.49	9.07	5.58	1.20	627.20	133.63	0.18
0+800.00	50	965.02	3.49	9.43	5.94	1.43	676.30	134.73	0.20
0+800.00	100	1123.64	3.49	9.68	6.19	1.58	709.91	135.47	0.22
0+800.00	150	1234.69	3.49	9.85	6.36	1.69	732.24	135.97	0.23
0+700.00	5	437.84	3.99	8.41	4.42	0.84	521.93	136.90	0.14
0+700.00	10	591.03	3.99	8.73	4.74	1.04	566.61	137.88	0.16
0+700.00	25	752.54	3.99	9.03	5.04	1.24	608.67	138.80	0.19
0+700.00	50	965.02	3.99	9.39	5.40	1.47	658.36	139.88	0.22
0+700.00	100	1123.64	3.99	9.63	5.64	1.62	692.33	140.62	0.23
0+700.00	150	1234.69	3.99	9.79	5.80	1.73	714.87	141.10	0.25
0+600.00	5	437.84	4.00	8.39	4.39	0.75	586.82	155.97	0.12
0+600.00	10	591.03	4.00	8.72	4.72	0.93	637.18	156.95	0.15
0+600.00	25	752.54	4.00	9.02	5.02	1.10	684.58	157.86	0.17
0+600.00	50	965.02	4.00	9.37	5.37	1.30	740.60	158.94	0.19
0+600.00	100	1123.64	4.00	9.61	5.61	1.44	778.92	159.68	0.21
0+600.00	150	1234.69	4.00	9.77	5.77	1.53	804.37	160.16	0.22
0+500.00	5	437.84	4.50	8.37	3.87	0.83	530.59	165.40	0.15
0+500.00	10	591.03	4.50	8.68	4.18	1.01	582.50	166.34	0.17
0+500.00	25	752.54	4.50	8.98	4.48	1.19	631.26	167.22	0.20
0+500.00	50	965.02	4.50	9.32	4.82	1.40	688.82	168.26	0.22
0+500.00	100	1123.64	4.50	9.55	5.05	1.54	728.16	168.97	0.24
0+500.00	150	1234.69	4.50	9.71	5.21	1.64	754.27	169.43	0.25

0+495.00		Puente	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+400.00	5	437.84	4.77	8.32	3.55	0.96	458.07	165.06	0.18
0+400.00	10	591.03	4.77	8.61	3.84	1.17	506.76	165.94	0.21
0+400.00	25	752.54	4.77	8.88	4.11	1.36	552.24	166.76	0.24
0+400.00	50	965.02	4.77	9.20	4.43	1.59	605.65	167.72	0.27
0+400.00	100	1123.64	4.77	9.42	4.65	1.75	641.97	168.37	0.29
0+400.00	150	1234.69	4.77	9.56	4.79	1.85	666.01	168.80	0.30
0+300.00	5	437.84	4.93	8.28	3.35	0.93	470.26	173.90	0.18
0+300.00	10	591.03	4.93	8.57	3.64	1.14	519.78	174.76	0.21
0+300.00	25	752.54	4.93	8.83	3.90	1.33	566.01	175.55	0.24
0+300.00	50	965.02	4.93	9.14	4.21	1.56	620.29	176.47	0.26
0+300.00	100	1123.64	4.93	9.35	4.42	1.71	657.20	177.10	0.28
0+300.00	150	1234.69	4.93	9.49	4.56	1.81	681.62	177.51	0.30
0+200.00	5	437.84	5.00	8.25	3.25	0.90	488.93	189.97	0.18
0+200.00	10	591.03	5.00	8.52	3.52	1.09	541.21	190.80	0.21
0+200.00	25	752.54	5.00	8.78	3.78	1.28	590.02	191.57	0.23
0+200.00	50	965.02	5.00	9.08	4.08	1.49	647.36	192.47	0.26
0+200.00	100	1123.64	5.00	9.28	4.28	1.64	686.37	193.09	0.28
0+200.00	150	1234.69	5.00	9.41	4.41	1.73	712.21	193.49	0.29
0+100.00	5	437.84	5.73	8.20	2.47	0.96	454.04	211.35	0.21
0+100.00	10	591.03	5.73	8.46	2.73	1.16	509.43	212.14	0.24
0+100.00	25	752.54	5.73	8.71	2.98	1.34	561.19	212.87	0.26
0+100.00	50	965.02	5.73	8.99	3.26	1.55	622.11	213.74	0.29
0+100.00	100	1123.64	5.73	9.18	3.45	1.69	663.63	214.33	0.31
0+100.00	150	1234.69	5.73	9.31	3.58	1.79	691.19	214.71	0.32
0+000.00	5	437.84	6.22	8.09	1.87	1.20	364.49	232.25	0.31
0+000.00	10	591.03	6.22	8.33	2.11	1.41	420.22	232.97	0.33
0+000.00	25	752.54	6.22	8.56	2.34	1.59	472.60	233.65	0.36
0+000.00	50	965.02	6.22	8.82	2.60	1.81	534.58	234.45	0.38
0+000.00	100	1123.64	6.22	9.00	2.78	1.95	577.02	235.00	0.40
0+000.00	150	1234.69	6.22	9.12	2.90	2.04	605.30	235.36	0.41

**Tabla n° 37:** Resumen de parámetros hidráulicos.

**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7

**Tabla n° 38:** Tirante mínimo y máximo del tramo km 0+000 a km 1+000.

Tr (años)	Caudal Q (m <sup>3</sup> /s)	Tirante mínimo (Y) (m)		Tirante máximo Y (m)	
			Progresiva (km)		Progresiva (km)
5	437.84	1.87	0+000	5.46	1+000
10	591.03	2.11	0+000	5.81	1+000
25	752.54	2.34	0+000	6.13	1+000
50	965.02	2.60	0+000	6.52	1+000
100	1123.64	2.78	0+000	6.78	1+000
150	1234.69	2.90	0+000	6.96	1+000

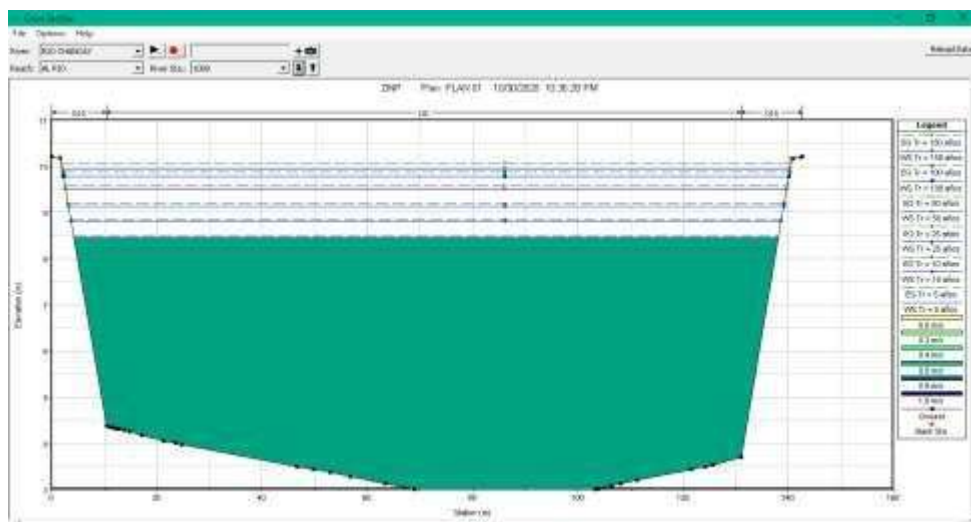
**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7

**Tabla n° 39:** Secciones de desbordamiento de caudal – prog. km 0+000 a km 1+000.

Tr (años)	Caudal Q (m <sup>3</sup> /s)	Márgen Izquierda Progresiva (km)	Márgen Derecha Progresiva (km)
5	437.84	No existe desbordamiento	No existe desbordamiento
10	591.03	No existe desbordamiento	No existe desbordamiento
25	752.54	No existe desbordamiento	No existe desbordamiento
50	965.02	No existe desbordamiento	No existe desbordamiento
100	1123.64	No existe desbordamiento	No existe desbordamiento
150	1234.69	No existe desbordamiento	No existe desbordamiento

**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7

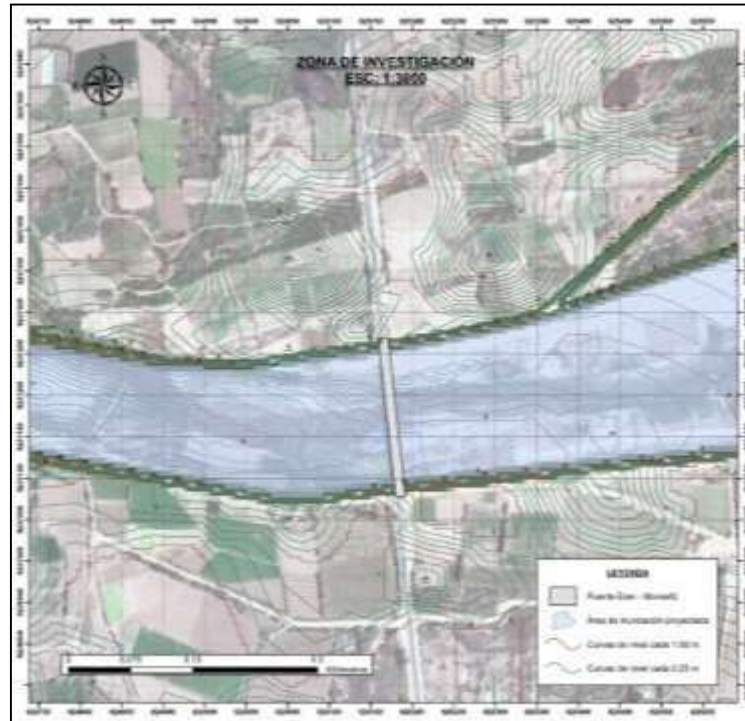
En la figura n° 69, se muestra la sección transversal de mayor ancho y altura en ambas márgenes de su cauce del tramo aguas abajo del puente Eten-Monsefú, donde se observa que ya no existe desbordamiento de caudal en ningún periodo de retorno, con la nueva defensa ribereña y ancho estable del río.



**Figura n° 69:** Sección transversal de mayor ancho y altura del tramo aguas abajo Km 1+000.00.

**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7

Luego de realizar los cálculos previos para determinar la geometría de los diques, se realiza el modelamiento en el programa Hec-Ras v5.0 y como se puede visualizar, el tirante del río no alcanza el nivel superior de sus riberas, por lo que no existe inundación.



**Figura n° 70:** Diques proyectados (No hay desbordamiento).

**Fuente:** Elaboración propia – Hec-Ras V. 5.0.7

### 3.1.5. Componentes Estructurales de la defensa ribereña.

#### 3.1.5.1. Ancho de corona

Dado que el ancho de la corona está relacionado con el peso de la estructura, se ha determinado en su consideración los siguientes criterios:

- Ser proporcional y compatible con el caudal de diseño adoptado.
- Beneficie estructuralmente a la estabilidad del dique.
- Resistir la fuerza de los enormes volúmenes de agua que fluye en épocas de máximas avenidas; sobre todo, durante el fenómeno El niño.

Se tuvo en cuenta los valores recomendados por el Instituto para la mitigación de los efectos del fenómeno del niño, de acuerdo al caudal de diseño, mediante la tabla siguiente: Cálculo detallado: **Ver Anexo n° 6.1**

Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)	Ancho de corona (m)
Menor de 500	3.00
Entre 500 y 2000	4.00

**Tabla n° 40:** Ancho de corona

**Fuente:** Instituto para la mitigación de los efectos del fenómeno del niño.

Teniendo en cuenta los criterios anteriores se adoptó un ancho de corona de 4.00 m, en todo el tramo del dique.

### 3.1.5.2. Altura Del Dique

La altura total del dique Hm es resultado de la suma del tirante y el borde libre, el borde libre se obtiene a partir de la siguiente tabla:

Borde Libre (BL) = $\phi \cdot e$					
Caudal máximo m <sup>3</sup> /s		$\phi$	$\phi$	$e = \frac{V^2}{2g}$	BL
3000	4000	2	1.4	0.38	0.53
2000	3000	1.7			
1000	2000	1.4			
500	1000	1.2			
100	500	1.1			

**Tabla n° 41:** Borde Libre

**Fuente:** Manual para diseño de defensa ribereña con software River.

Con el tirante, Y = 2.81 m y el borde libre 0.53, se obtiene una altura de dique de 3.34 m. Se adoptará una altura de 5.60 m de dique, por criterio de estabilidad y para evitar inundabilidad.

### 3.1.5.3. Taludes de relleno con afirmado

El material de préstamo que se usó para el diseño, son de las canteras, “La Victoria” (Pátapo) y “Tres Tomas” (Ferreñafe), cuyos resultados nos dieron una densidad seca de 2.114 gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad de 9.578 % y una densidad seca de 2.289 gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad de 7.098 % respectivamente.

Con la clasificación SUCS obtuvimos suelos:

**GW** Grava bien graduada con presencia de arcilla y arena para la cantera “La Victoria”, y

**GP** Grava pobremente graduada con presencia de arena para la cantera “Tres Tomas”.

Suelo	Aguas Arriba cara mojada	Aguas Abajo cara seca
GW	1V:1.50H	1V:1H

**Tabla n° 42:** Taludes de relleno de afirmado.

**Fuente:** Diseño de Diques Rompeolas, Negro V. Valdecantos, Varela O. Carnero.

Por lo tanto, se consideró usar taludes:

- Aguas arriba, cara mojada: 1V:1.50H
- Aguas abajo, cara seca: 1V:1H

#### 3.1.5.4. Profundidad de uña.

Este parámetro se obtiene en función a la profundidad de socavación. **Ver Anexo 4.2.**

$$\text{Profundidad de Uña} = \text{Profundidad de socavación} = 3.70 \text{ m.}$$

#### 3.1.5.5. Ancho de la base de uña.

Se aproxima en un incremento del 50 % de la altura de la uña.

$$\text{Ancho de Uña} = 1.50 * 3.70 = 5.55 \text{ m.}$$

#### 3.1.5.6. Ancho de corona.

Se obtuvo a través del ancho mínimo y un incremento de la quinta parte de la profundidad de uña.

**Tabla n° 43:** Ancho de corona en función del ancho mismo y profundidad de uña

Descripción	Ancho de Corona
$C = \frac{\text{Profundidad de Uña}}{5} + 3.0 \text{ (Ancho mínimo)}$	4.00 m

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 3.1.5.7. Filtro

Se debe utilizar una capa de material granular, para evitar el movimiento y migración de finos por acción del agua y para mejorar la estabilidad de la defensa.

**Tabla n° 44:** Uso de filtro en la estructura.

Verificación del Uso de Filtro en la Estructura		
Velocidad entre el espacio del enrocado y el material base	Velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado	Criterio de uso del filtro
$V_a = 1.06 \text{ m/s}$	$V_e = 0.40 \text{ m/s}$	Se optó por usar una sola capa de material granular (gravo arenoso) como filtro, con espesor $e = 0.25 \text{ m}$ .

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.1.6. Diseño hidráulico del elemento prefabricado (Tetrápodo).

Cálculo detallado: Ver Anexo n° 5.3

#### ELEMENTOS DE LA CORAZA

Para obtener el número de elementos requeridos para cubrir cierta área, se utilizará la siguiente expresión:

$$\frac{N_a}{A} = n k_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100}\right) \left(\frac{\gamma_r}{W}\right)^2$$

Donde:

$N_a$ , Número de elementos por unidad de área.

$A$ , Superficie de cálculo en  $m^2$ .

$n$ , Número de capas (bicapa).

$K_{\Delta}$ , Coeficiente de capa (para tetrápodos es igual a 1.04).

$P$ , Permeabilidad en %.

$\gamma_r$ , Peso específico del concreto en  $Tn/m^3$ .

$W$ , Peso del elemento prefabricado en  $Tn$ .

El total de elementos para un margen:

PESO (Tn)	n	$K_{\Delta}$	P	$\gamma_r$	A	$N_a$
2.268	2.00	1.04	50.00	2.40	10100.00	10908

#### ALTURA DE OLA

Con las características del tetrápodo podremos determinar hasta que altura de ola podría resistir con respecto a su impacto.

$$W = \frac{1}{K_D \cot \theta} \frac{H^3 \gamma_r}{\left(\frac{r}{\gamma_w} - 1\right)^3}$$

Donde:

$W$ , Peso del elemento prefabricado en  $Tn$ .

$K_D$ , Constante de estabilidad de Hudson.

$\cot(\theta)$ , Talud en  $m/m$ .

$H$ , Altura de ola incidente en  $m$ .

$\gamma_r$ , Peso específico del concreto en  $Tn/m^3$ .

$\gamma_w$ , Peso específico del agua en  $Tn/m^3$ .

Por recomendaciones según los autores Negro V. Valdecanos y Varela O. Carnero usar entre 6 y 8:

El talud recomendado según los autores Negro V. Valdecanos y Varela O. Carnero es de:

La altura de ola u onda sería la siguiente:

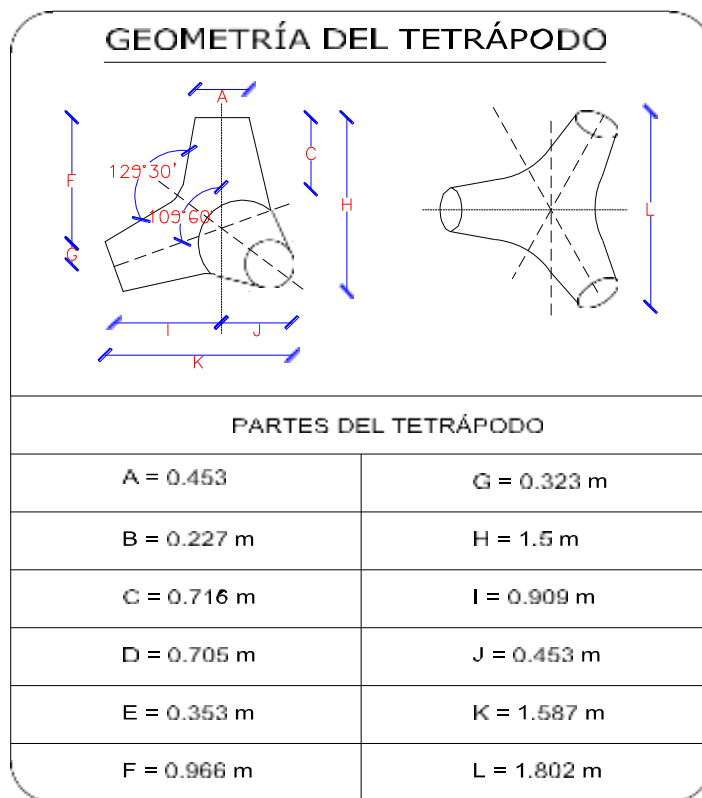
$KD = 7$
Tal = 1.50

PESO (Tn)	KD	$\cot(\theta)$	$\gamma_r$	$\gamma_w$	H
2.268	7.00	1.50	2.40	1.00	3.01

**Análisis:** El dimensionamiento del elemento se realizó con fórmulas en base a una altura propuesta de la misma y junto a otros coeficientes, se calculó el total de elementos a usar y a qué altura de ola podría resistir.

### 3.1.6.1. Diseño estructural de Tetrápodos

Con el cálculo hidráulico, se obtuvo las siguientes medidas de los elementos:



**Figura n° 71:** Geometría del tetrápodo

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 3.1.6.1.1. Cantidad de Tetrápodos

El colocado de los elementos prefabricados (tetrápodos), será a dos capas, para un mayor acople y protección, lo que esto nos da la siguiente cantidad:

DESCRIPCIÓN	TOTAL
Tetrápodos calculados	10908

**Tabla n° 45:** Número de Tetrápodos para una margen.

**Fuente:** Elaboración propia.



### 3.1.6.1.2. Material para Tetrápodos

Para los elementos prefabricados, son de concreto simple, con un diseño para una resistencia a la compresión  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , teniendo los siguientes resultados: **Ver Anexo n° 6.3**

MATERIAL PARA 1 m <sup>3</sup>	
<b>CEMENTO</b>	567 kg
<b>AGUA</b>	325 L
<b>ARENA</b>	590 kg
<b>PIEDRA</b>	975 kg
<b>R a/c</b>	0.573
<b>SLUMP</b>	4.5"

**Tabla n° 46:** Cantidad de material para 1 m<sup>3</sup> de un  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

**Fuente:** Elaboración propia.

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
	1.0	1.04	1.72	24.3	Lts/pie <sup>3</sup>
Proporción en volumen :					
	1.0	1.07	1.89	24.3	Lts/pie <sup>3</sup>

**Tabla n° 47:** Proporciones en peso y en volumen para un  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

**Fuente:** Elaboración propia.

**Análisis:** Con los resultados de los ensayos realizados a los agregados, se realizó el diseño de mezcla para un  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , obteniendo las cantidades de material mostradas.

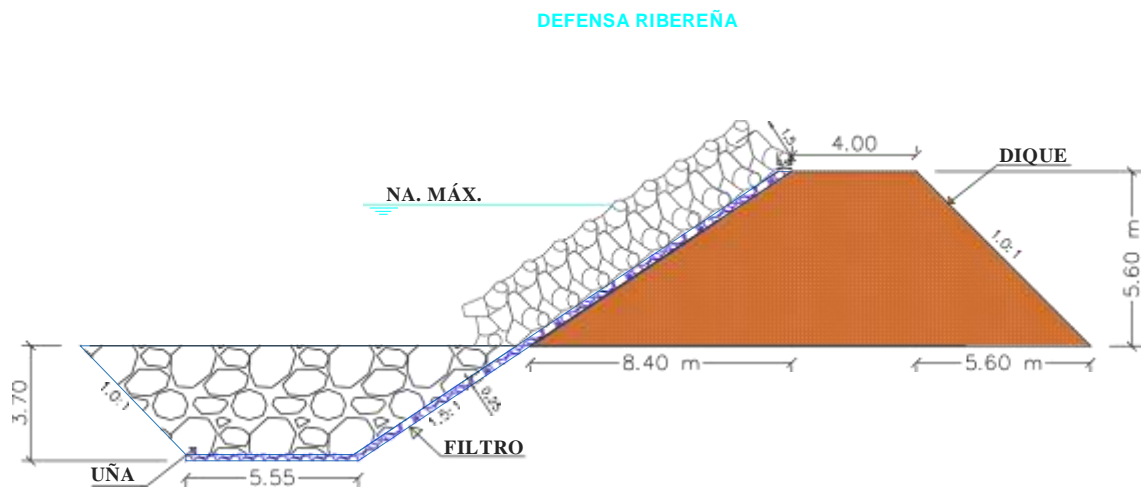


**Figura n° 72:** Diseño de mezcla de concreto para una resistencia  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$



**Figura n° 73:** Chuzoneo de concreto por capas.

### SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA DEFENSA RIBEREÑA



**Figura n° 74:** Sección transversal de la Defensa Ribereña con Tetrápodos.  
**Fuente:** Elaboración propia.

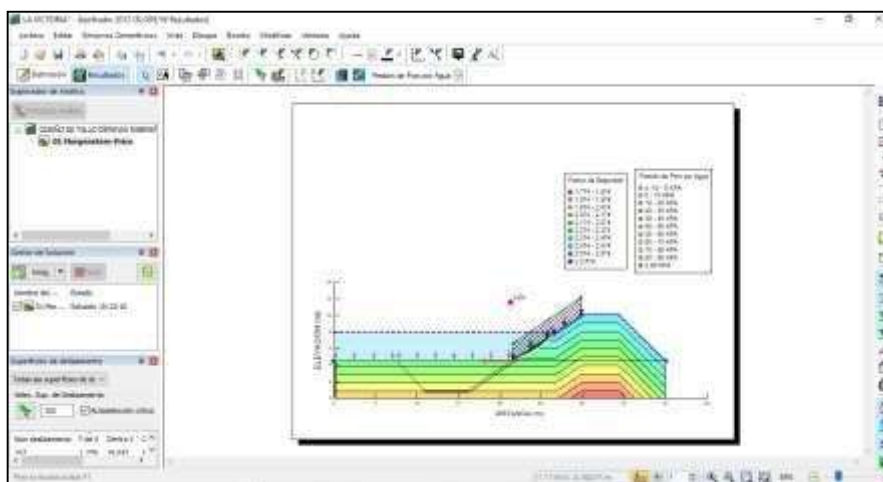
### 3.1.7. Estabilidad de Taludes

Se realizó el análisis de estabilidad por el método de equilibrio límite, en un análisis estático y pseudo - estático. Utilizando el software GeoStudio 2012, Slope/W, obteniendo factores de seguridad globales mayores a los recomendados (F.S.>1.50 para el análisis estático y F.S.>1.05 para el análisis pseudo - estático). **Ver Anexo 6.4**

#### 3.1.7.1. Estabilidad con el uso de material de cantera “La Victoria”.

##### a) Análisis Estático.

- Según Morgenstern-Price

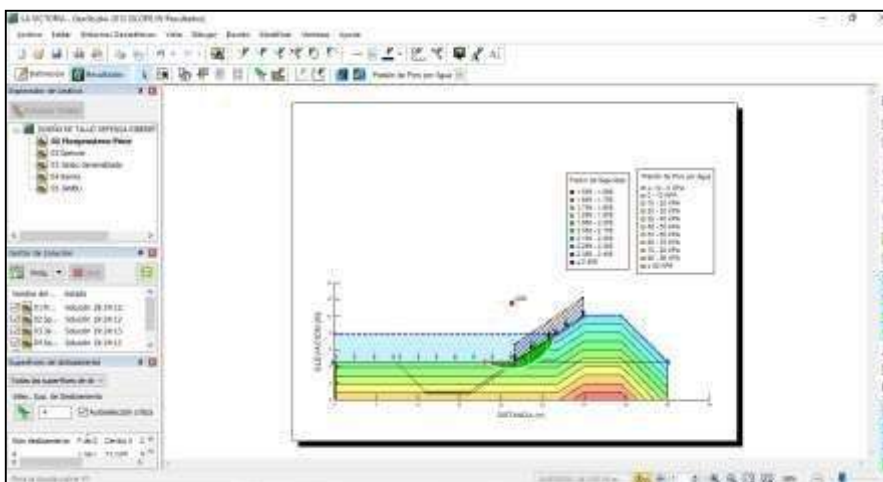


**Figura n° 75:** Según método “Morgenstein Price” el FS = 1.774

**Fuente:** Elaboración propia – GeoStudio 2012, Slope/W.

##### b) Análisis Pseudo - Estático.

- Según Morgenstern-Price



**Figura n° 76:** Según método “Morgenstein Price” el FS = 1.704

**Fuente:** Elaboración propia – GeoStudio 2012, Slope/W.

**Tabla n° 48:** Factores de seguridad del talud – Análisis Estático

Métodos	Factor de Seguridad
Morgenstern - Price	1.774
Spencer	1.774
Janbu Generalizado	1.798
Sarma	1.774
Janbu	1.656

**Fuente:** Elaboración propia – GeoStudio 2012, Slope/W.

**Tabla n° 49:** Factores de seguridad del talud – Análisis Pseudo - Estático

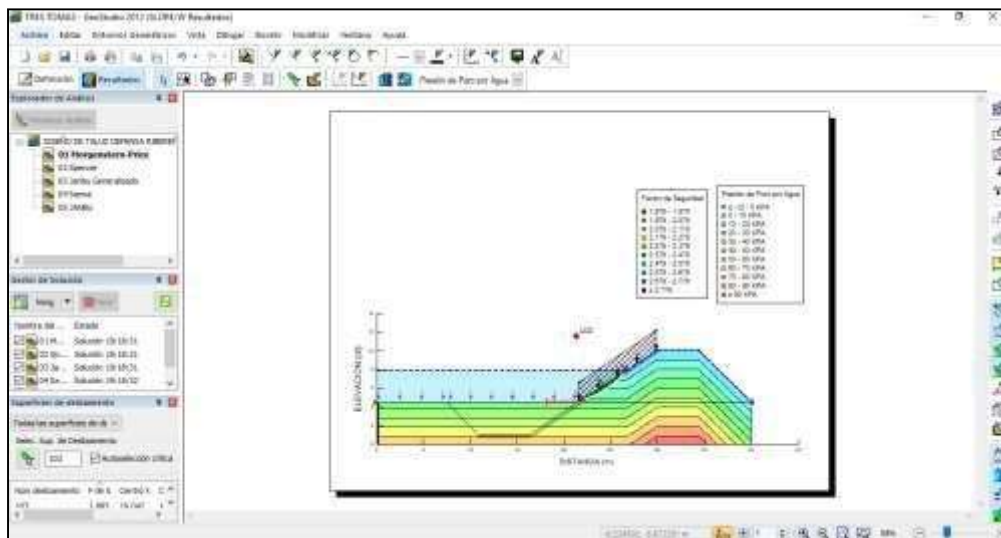
Métodos	Factor de Seguridad
Morgenstern - Price	1.559
Spencer	1.559
Janbu Generalizado	1.712
Sarma	1.552
Janbu	1.377

**Fuente:** Elaboración propia – GeoStudio 2012, Slope/W.

### 3.1.7.2. Estabilidad con el uso de material de cantera “Tres Tomas”.

#### a) Análisis Estático.

- Según Morgenstern-Price

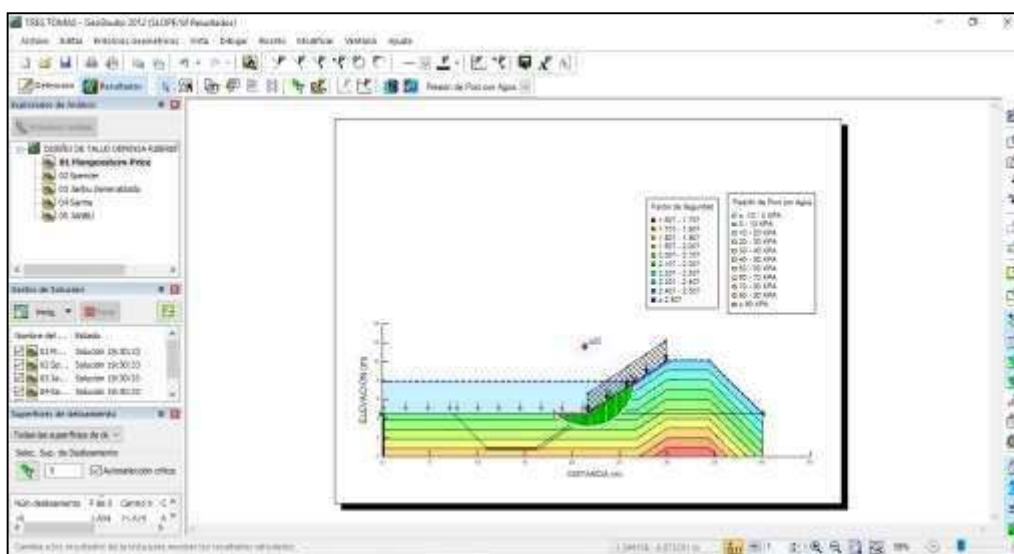


**Figura n° 77:** Según método “Morgenstern-Price” el FS = 1.879

**Fuente:** Elaboración propia – GeoStudio 2012, Slope/W.

**b) Análisis Pseudo – Estático.**

- **Método Morgenstern Price**



**Figura n° 78:** Según método “Morgenstern-Price” el FS = 1.607

**Fuente:** Elaboración propia – GeoStudio 2012, Slope/W.

**Tabla n° 50:** Factores de seguridad del talud – Análisis Estático

Métodos	Factor de Seguridad
Morgenstern - Price	1.879
Spencer	1.879
Janbu Generalizado	1.905
Sarma	1.879
Janbu	1.758

**Fuente:** Elaboración propia – GeoStudio 2012, Slope/W.

**Tabla n° 51:** Factores de seguridad del talud – Análisis Pseudo - Estático

Métodos	Factor de Seguridad
Morgenstern - Price	1.607
Spencer	1.615
Janbu Generalizado	1.820
Sarma	1.597
Janbu	1.457

**Fuente:** Elaboración propia – GeoStudio 2012, Slope/W.

## **3.2. Discusión de Resultados.**

### **3.2.1. Realización del levantamiento topográfico en la zona de investigación.**

Para el levantamiento se tuvo en cuenta, las características geométricas del puente, con ayuda del equipo de la estación total, junto al topógrafo se hizo un recorrido de un kilómetro del río, quinientos metros aguas arriba y abajo, la topografía incluye los diques que funcionan como defensa ribereña y las zonas aledañas al río.

En los planos realizados se visualiza el alineamiento, perfil longitudinal y secciones transversales del río Chancay, donde en éstas últimas están representados la colocación y geometría de los elementos prefabricados que se usarán como nuevo diseño de protección de las riberas del río Chancay.

### **3.2.2. Realización de los ensayos de mecánica de suelos.**

El material extraído de las canteras “La Victoria” y “Tres Tomas”, ha sido de forma directa y se ha sometido a los diferentes ensayos que se les debe realizar para su comprobación como material adecuado como composición estructural del talud estos ensayos son:

- Contenido de humedad.
- Granulometría.
- Límites de Atterberg.
- Próctor modificado.
- Corte Directo.

Sin embargo, en este último ensayo, por ser un material de afirmado se debe realizar insitu, por lo que nuestros resultados son aproximados, ya que por ser materiales granulares su cohesión tiene que ser cero.

### **3.2.3. Realización de los estudios de hidrología.**

Para tomar en cuenta la hidrología se tomaron los registros hidrométricos de la estación Raca rumi, proporcionados por el Proyecto Especial Olmos Tinajones PEOT y los registros pluviométricos proporcionados por el SENHAMI, que se encontraron desde el año 1981 hasta el 2016 con ayuda del programa PISCO, para así realizar los métodos de distribuciones estadísticas y tener un caudal de diseño, se ha considerado usar el caudal del estudio hidrométrico, ya que para el cálculo del caudal del estudio pluviométrico se ha asumido el valor del número de curva general. Por lo tanto, el método que más se asemeja a los registros

es el de Levediev, el periodo de retorno a usar se determinó con la fórmula del riesgo de falla admisible, esta fórmula nos los brinda el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, dándonos un periodo de retorno de 150 años, donde el caudal es de 1234.69 m<sup>3</sup>/s.

#### **3.2.4. Realización de los estudios hidráulicos.**

Para la modelación hidráulica del río se utilizó el programa Hec – Ras, donde se digitaron los parámetros hidráulicos como las rugosidades de los taludes de los diques y del canal del río, los caudales de diseño para todos los periodos de retorno calculados y se insertó el puente acorde a los parámetros geométricos, con todos estos datos se pudo realizar el modelamiento y así se pudo determinar que con las condiciones topográficas actuales existe inundación, para lo cual se proyectaron otros parámetros geométricos en los diques, para evitar un futuro desborde.

#### **3.2.5. Determinación de los componentes estructurales de la defensa ribereña.**

Se realizó la determinación del ancho de corona del dique, donde se tomó en cuenta una tabla del “Instituto para la mitigación de los efectos del fenómeno del niño”, que menciona que para caudales entre 1000 m<sup>3</sup>/s y 2000 m<sup>3</sup>/s, se utiliza un ancho de 4.00 m en toda la longitud del dique.

Para la determinación de la altura del dique se tomó en cuenta la tabla del “Manual para diseño de defensa ribereña con software River”, con el tirante de 2.81 m y un borde libre 0.53 m, se obtiene una altura de dique de 3.34 m y se adoptó una altura de 5.60 m, por criterio de estabilidad y para evitar inundabilidad y mantener el talud recomendado por el libro de “Diseño de Diques Rompeolas”.

Los materiales utilizados para el dique son de préstamo, directamente de las canteras “La Victoria” y “Tres Tomas”, donde en los ensayos de mecánica de suelos se pueden presenciar los resultados que hemos obtenido después de haber realizado los procesos adecuados para cada uno de ellos, donde para la clasificación SUCS, se obtuvo GW (Grava bien graduada con presencia de arcilla y arena) en la cantera “La Victoria” y GP (Grava pobremente graduada con presencia de arena) en la cantera “Tres Tomas”.

Para el diseño de los tetrápodos se consideró utilizar 1.50 m de altura, las características geométricas del elemento prefabricado están en función a esta altura respetando las medidas propuestas en una tabla por Mauricio Ossa M. (**Ver Anexo n°5.2**), donde nos describe una medida de 0.71 m de altura mínima y de 4.16 m como máximo, por lo que estamos en el

rango geométrico, en cuestión a la cantidad de los elementos se calculó 10908 unidades por margen y referente al material que lo compone, viene siendo de concreto simple diseñados para una resistencia a la compresión  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

Se utilizaron las fórmulas del libro de “Diseño de Diques Rompeolas”, donde nos detalla las fórmulas para la determinación del peso, el volumen, la altura del elemento prefabricado a usar, para así también obtener las características geométricas de la misma y el número total de elementos a usar por el área del talud a proteger, todos estos cálculos se realizaron con parámetros y coeficientes detallados en el **Anexo n°5.2**.

### **3.2.6. Realización de la estabilidad de los taludes mediante software.**

Se corroboró esta estabilidad con el programa SLOPE – W, teniendo en cuenta los ensayos de mecánica de suelos realizados a las muestras de las canteras “La Victoria” y “Tres Tomas”, específicamente del ensayo de Corte Directo, donde se insertó el ángulo de fricción interna, su cohesión y peso específico, también se digitó el peso específico de los tetrápodos a dos capas sobre el talud como carga distribuida y se determinó que el talud escogido en la cual es de 1:1.50, es estable ya que el factor de seguridad supera el 1.5 en el análisis estático y mayores a 1.05 en el análisis pseudo estático.

### **3.3. Aporte Práctico.**

El aporte de la presente investigación es que mejorará la protección de las márgenes del río Chancay en el tramo del Puente Eten – Monsefú, sustituyendo el enrocado que se tiene con elementos prefabricados de concreto simple (Tetrápodos) para la defensa ribereña.

Esta investigación es un aporte al Gobierno Regional de Lambayeque, como un nuevo tipo de diseño como medida de protección y estética; como protección porque utilizando elementos de concreto contrarrestarían el empuje del agua y gracias a su geometría tienen un mejor acople entre ellas, más la utilización de una bicapa, las pruebas de estabilidad del talud y el modelamiento hidráulico por programa se comprobó que cumple su función para el cual fue diseñado, ya que el mantenimiento del enrocado en la situación actual es anual en esta obra hidráulica, cuando los mantenimientos deberían darse cada 3 a 5 años, y con las visitas a campo se corroboró el mantenimiento mediante maquinaria de los taludes y los desprendimientos de las rocas, después de las lluvias de verano, todo lo anteriormente mencionado conlleva a un gasto que se puede evitar, sin embargo con el uso del tetrápodo



el presupuesto a corto plazo es más elevado, pero a largo plazo será más económico, por lo que el mantenimiento sería de poca magnitud en comparación al uso de enrocados.

#### **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

##### **4.1. Conclusiones**

###### **4.1.1. Realización del levantamiento topográfico.**

Las características geométricas que presenta el río Chancay en el tramo del puente Eten-Monsefú, presenta una topografía plana con una pendiente de 0.00345 ‰.

Se colocó un BM que fue punto crucial para el levantamiento de los puntos de la zona de estudio que vienen siendo (9237241 N – 625180 E).

###### **4.1.2. Realización del estudio de mecánica de suelos.**

Los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la Universidad Señor de Sipán nos permitió conocer el contenido de humedad, la distribución granulométrica y clasificación SUCS, Límite Líquido y Plástico, Compactación y Corte directo de las muestras extraídas de las canteras La Victoria y Tres Tomas, se apreció que la cantera La Victoria presenta material de grava bien graduada con presencia de arcilla y arena, con un índice de plasticidad de 15.56 %, y la cantera Tres Tomas presenta material de grava pobremente graduada con presencia de arena, esta no presenta plasticidad.

###### **4.1.3. Realización de los estudios de Hidrología e Hidráulica.**

- a) Con el análisis de máximas descargas obtenidas del Proyecto Especial Olmos Tinajones PEOT, se obtuvo un caudal de diseño  $Q = 1234.69 \text{ m}^3/\text{s}$  para un periodo de retorno de 150 años, con el cual se trabajó en el modelado en el software Hec-Ras.
- b) Para este diseño se realizó un modelamiento en el programa Hec-Ras, con la rugosidad del elemento prefabricado ( $n = 0.015$ ), para aproximarse a un modelo real, con diferentes caudales a distintos periodos de retorno, demostrándose la no inundación de la misma.

Las fórmulas empleadas para el diseño geométrico y estructural, sirvieron para asumir una altura del tetrápodo, que resistirá en este caso a un tirante del río con un caudal de diseño, su uso habitual de este elemento es para resistir olas de mar de hasta 3 m.

#### **4.1.4. Verificación de la estabilidad de taludes.**

Se realizó el modelado en el software Slope W, de los taludes propuestos obteniendo un factor de seguridad correcto; para el material de la cantera La Victoria se obtuvo un factor de seguridad estático  $FS = 1.774$  y pseudo estático de 1.559 según el método Morgenstern-Price, para la cantera Tres Tomas se obtuvo un factor de seguridad estático  $FS = 1.879$  y pseudo estático de 1.607 según el método Morgenstern-Price, cumpliendo con el mínimo requerido.

#### **4.1.5. Determinación de los componentes estructurales de la defensa ribereña.**

Se determinó el ancho de corona del dique siendo este 4.00 m, con una altura de dique de 5.60 m, además los taludes aguas arriba, cara mojada, de 1V:1.50H y aguas abajo, cara seca, de 1V:1H, tomando como guía el libro de Diseño de Diques Rompeolas, Negro V. Valdecantos, Varela O. Carnero, para colocar los elementos prefabricados tetrápodos de 1.50 m.

#### **4.2. Recomendaciones**

- a) Para el levantamiento topográfico se recomienda tener un BM en un lugar específico donde se tenga una buena visualización, para hacer pocos cambios de estación y así tener una mejor certeza en la topografía.
- b) Al utilizar los instrumentos de laboratorio, estos deben estar limpios, secos y en buenas condiciones, además tener equipos que estén calibrados, en el caso de balanzas, equipo de corte, entre otros, para no afectar a los resultados de los ensayos.
- c) Al exportar secciones de la topografía al Hec-Ras, se debe tener en cuenta una geometría exacta del canal, porque este considera tirantes de agua que no pertenecen al alineamiento del río.
- d) Se recomienda al SENAMHI en implementar más estaciones hidrométricas en la cuenca del río Chancay para que se pueda recopilar mayores datos hidrométricos y de esta manera tener un mejor análisis de caudales para el diseño óptimo de cualquier estructura a diseñar.
- e) Al querer trabajar con la información pluviométrica, no se encuentran datos actualizados en los registros del SENHAMI, por lo que se tendría que completar datos con los métodos de regresión y por ende no sería muy exacto y los resultados de caudales futuros no tendrían mucha precisión.

- f) Sería conveniente para próximos estudios, probar con otros dimensionamientos de los elementos prefabricados.
- g) Los trabajos se deben ejecutar en época de estiaje en los meses de julio, agosto, setiembre y octubre.

## REFERENCIAS

- Alcazar Mamani F., 2017.** DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RÍO CALLAZAS TRAMO CRÍTICO (KM 0+000.00-2+500.00) EN EL CP DE ARICOTA, PROVINCIA DE CANDARAVE-TACNA. Universidad Privada de Tacna – Tacna.  
<http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/332/1/Alcazar-Mamani-Franz.pdf>
- Alessandra V. Migliorini y André T. C. Guimarães. (2008).** Tipos de blocos de concreto para estrutura hidráulica de proteção às ondas marinhas e análise visual dos Tetrápodes da Barra de Rio Grande. <https://www.semanticscholar.org/paper/Tipo-de-blocos-de-concreto-para-estrutura-de-%C3%A0s-e-Migliorini>
- Asociación de carreteras del Japón, Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Civil, Centro peruano japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres, (1984).** SERIE DE TRABAJOS DE TIERRA EN CARRETERAS (MANUAL DE PROTECCIÓN DE TALUDES).  
<http://www.jorgealvahurtado.com/files/Manual%20de%20Proteccion%20de%20Taludes.pdf>
- Becerra Pintado R., Espinoza Requejo N., 2017.** ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ECUACIONES DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS POR ARRASTRE Y SUSPENSIÓN EN LAS INMEDIACIONES DE LOS PUENTES PUCALÁ Y MONSEFÚ – ETEN. Universidad Señor de Sipán – Chiclayo.  
<http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/4193>
- Blarasin, Mónica, Algozino, Ramiro, Alincaastro, Nahuel, Giuliano Albo, Jesica, Degiovanni, Susana, & Cabrera, Adriana. (2013).** Análisis del funcionamiento hidrológico del arroyo Achiras-del Gato (Córdoba, Argentina) con una nueva aplicación informática. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela. Recuperado de. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652013000100004&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652013000100004&lng=es&tlng=es).
- Bravo J. Granda, León N. Cadena, 2011.** METODOLOGÍA PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL CAUCE DE UN RÍO DE LLANURA PARA LA PROTECCIÓN DE PUENTES. Quito - Ecuador, tesis.  
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/7876>

**Burcharth, H.F., M.S. Jensen, Z. Liu, J.W. Van der Meer y K. D'Angremond. (1994).**  
Design formula for tetrapod breakage.  
<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A17f5dad4-2ce3-4889-9604-e79410a0d42f>

**Desborde de los ríos La Leche y Motupe arrasa con caseríos tras fuertes lluvias. Diario El Correo, Lambayeque, (15 de marzo del 2017).** Recuperado de  
<http://diariocorreo.pe/edicion/lambayeque/lambayeque-desborde-de-los-rios-la-leche-y-motupe-arrasa-con-caserios-tras-fuertes-lluvias-737217/>

**Duque G. Escobar, Escobar C. Potes, 2002. MECÁNICA DE LOS SUELOS.**  
<https://vdocuments.mx/download/mecanica-de-suelos-i-gonzalo-duque-escobar-y-carlos-enrique-escobar-potespdf>

**Fernández R. Domínguez, 2010. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE ROMPEOLAS PARA EL PROYECTO “TERMINAL DE DESCARGA DE CARBÓN”.**  
<https://docplayer.es/69708761-Universidad-catolica-de-la-santisima-concepcion-facultad-de-ingenieria-departamento-de-ingenieria-civil.html>

**Flores Apaza O., 2015. PROPUESTA Y ANALISIS DE DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RÍO ILAVE ZONA RURAL C.P. SANTA ROSA DE HUAYLLATA-ILAVE.** Universidad Nacional Del Altiplano - Puno.  
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2245/Flores\\_Apaza\\_Orestes\\_Omar.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2245/Flores_Apaza_Orestes_Omar.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**Gómez-Martín, M.E., Medina, J.R. 2014. Heterogeneous packing and hydraulic stability of cube and Cubipod armor units.** Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, 140(1), 100-108. doi:10.1061/(ASCE)WW.1943-5460.0000223

**Hudson, R.Y. 1959. Laboratory investigation of rubble-mound breakwaters.** Journal of the Waterways and Harbors Division, ASCE, 85, 93-121.

**Iskra P. Mejía, 2014. CARACTERIZACIÓN DEL EVENTO HIDROMETEOROLÓGICO EXTREMO EN ACAPULCO, GUERRERO, EN SEPTIEMBRE DE 2013.**México, tesis.  
[https://www.researchgate.net/publication/263581343\\_Caracterizacion\\_del\\_evento\\_hidrometeorologico\\_extremo\\_en\\_Acapulco\\_Guerrero\\_en\\_septiembre\\_de\\_2013](https://www.researchgate.net/publication/263581343_Caracterizacion_del_evento_hidrometeorologico_extremo_en_Acapulco_Guerrero_en_septiembre_de_2013)

**Lluvias provocan desbordamiento del río Misahuallí.** Prensa Inforegión, Pichari – Valle de los ríos Apurímac y Ene, (22 de octubre del 2010). Recuperado de <http://www.inforegion.pe/74260/municipio-de-pichari-concluira-en-breve-la-construccion-de-defensas-riberenas/>

**Maccaferri.** DEFENSAS RIBEREÑAS Y OBRAS TRANSVERSALES (NECESIDADES Y SOLUCIONES).

<https://www.maccaferri.com/br/es/documentos/catalogos/>

**Maccaferri. (2018).** Productos: Gavión Caja. Recuperado de <https://www.maccaferri.com/br/es/productos/gaviones/gavion-caja/>

**Maccaferri. (2018).** Productos: Gavión Saco. Recuperado de <https://www.maccaferri.com/br/es/productos/gaviones/gavion-saco/>

**Maza, J., y García, M. (1985).** Transporte de Sedimentos, en capítulo 10 del Manual de Ingeniería de ríos. Recuperado de <http://hernandez-mendez.blogspot.pe/2015/09/manual-de-ingenieria-de-rios-unam-cna.html>

**Medina, J.R. y Vidal, C. (2014).** Diseño y construcción de diques rompeolas.

<https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/3074/3459>

**Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012.** MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE.

[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/970.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/970.pdf)

**Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección de Caminos y Ferrocarriles 2016.** MANUAL DE PUENTES

[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/8044.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/8044.pdf)

**Municipio de Pichari concluirá en breve la construcción de defensas ribereñas.** Diario Reliefweb, Internacional, (04 de septiembre del 2018). Recuperado de <http://www.inforegion.pe/74260/municipio-de-pichari-concluira-en-breve-la-construccion-de-defensas-riberenas/>

**Negro V., Varela O. (2008).** DISEÑO DE DIQUES ROMPEOLAS. Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos, 420 p.

**Ossa M. M., 1964.** EL NUEVO PUERTO DE ARICA Y EL EMPLEO DE TETRÁPODOS COMO RECUBRIMIENTO EN SUS OBRAS DE PROTECCIÓN.

<https://docplayer.es/98031474-El-nuevo-puerto-de-arica-y-el-empleo-de-tetrapodos-emplea-tetrapodos-para-la-proteccion-de-escoleras-con.html>

**Ramos, Maryuri, Berroterán, Dyanna, & Najul, María Virginia. (2014).** Patrones de ocupación del territorio en la Cuenca Media del Río Tuy y su impacto en la calidad del agua. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela. Recuperado de: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652014000300003&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652014000300003&lng=es&tlng=es).

**US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center. Estados Unidos.**

Recuperado desde: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>

## **ANEXOS**



## **ANEXO N° 1 - TOPOGRAFÍA**

**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR

VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC

**TESIS** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAI, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION		PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION
1	9237217.00	625235.00	10.00		1036	9237085.05	625257.37	12.93
1001	9237241.00	625179.00	18.00		1037	9237083.03	625257.60	11.69
101	9237217.00	625235.00	10.00		1038	9237261.40	625261.26	13.21
1002	9237241.51	625177.82	13.22		1039	9237266.10	625259.89	13.03
1003	9237241.52	625177.80	13.22		1040	9237092.94	625277.92	13.23
1004	9237245.93	625178.17	12.94		1041	9237087.74	625278.79	12.98
1005	9237082.64	625201.71	13.04		1042	9237265.13	625276.48	13.22
1006	9237250.70	625184.53	12.77		1043	9237269.89	625274.79	13.10
1007	9237082.86	625201.92	13.07		1044	9237095.96	625300.87	13.12
1008	9237250.86	625198.88	13.06		1045	9237090.78	625301.92	12.95
1009	9237254.16	625198.71	11.86		1046	9237269.00	625291.28	13.33
1010	9237248.30	625207.48	13.26		1047	9237273.99	625289.61	13.08
1011	9237253.20	625206.26	12.93		1048	9237098.04	625317.94	13.19
1012	9237255.93	625205.61	11.78		1049	9237093.03	625319.14	12.97
1013	9237076.92	625206.09	12.75		1050	9237090.43	625319.48	11.62
1014	9237083.41	625205.26	13.08		1051	9237273.12	625305.29	13.17
1015	9237251.87	625221.70	13.21		1052	9237277.81	625303.50	12.97
1016	9237256.84	625220.87	13.04		1053	9237101.87	625344.51	13.14
1017	9237259.24	625220.26	11.82		1054	9237096.14	625345.45	12.84
1018	9237085.39	625220.33	13.09		1055	9237276.79	625318.43	13.22
1019	9237079.71	625222.43	12.74		1056	9237281.60	625316.41	13.04
1020	9237078.03	625222.82	11.67		1057	9237105.52	625372.56	13.15
1021	9237254.89	625234.38	13.16		1058	9237099.01	625373.91	13.01
1022	9237259.60	625233.45	13.13		1059	9237096.70	625374.18	12.12
1023	9237262.21	625232.63	12.07		1060	9237281.46	625333.04	13.27
1024	9237081.66	625233.30	12.87		1061	9237286.45	625330.82	13.01
1025	9237087.23	625232.49	13.03		1062	9237107.92	625393.57	13.31
1026	9237257.01	625243.12	13.33		1063	9237100.66	625395.63	13.14
1027	9237261.82	625241.85	13.07		1064	9237098.36	625396.63	13.06
1028	9237264.27	625241.34	11.84		1065	9237095.24	625395.93	12.88
1029	9237088.49	625243.90	13.10		1066	9237285.49	625345.49	13.22
1030	9237083.31	625245.20	12.92		1067	9237291.82	625341.99	13.11
1031	9237081.87	625245.41	12.12		1068	9237092.40	625406.00	12.17
1032	9237258.84	625251.57	13.26		1069	9237096.86	625407.31	12.24
1033	9237263.82	625250.12	13.03		1070	9237289.09	625357.02	13.08
1034	9237265.89	625249.84	11.76		1071	9237295.23	625354.64	12.99
1035	9237090.08	625255.91	13.14		1072	9237091.90	625430.37	12.70

PUNTO	NO RTE	ESTE	ELEVACION
1073	9237087.67	625433.66	12.30
1074	9237293.67	625369.84	13.15
1075	9237299.04	625367.58	13.10
1076	9237298.38	625382.62	13.30
1077	9237303.30	625380.25	13.10
1078	9237111.99	625421.55	13.04
1079	9237105.95	625423.23	13.12
1080	9237302.96	625394.60	13.30
1081	9237307.81	625392.48	13.23
1082	9237115.84	625447.86	12.96
1083	9237110.34	625450.66	13.04
1084	9237308.00	625408.18	13.27
1085	9237312.62	625405.95	13.24
1086	9237120.01	625473.19	13.21
1087	9237113.98	625474.20	13.08
1088	9237313.20	625421.43	13.38
1089	9237317.99	625419.22	13.17
1090	9237123.33	625491.87	13.23
1091	9237117.38	625492.95	13.09
1092	9237318.62	625435.76	13.38
1093	9237323.41	625433.40	13.26
1094	9237126.87	625512.79	13.41
1095	9237120.85	625513.00	13.16
1096	9237323.63	625449.61	13.36
1097	9237328.83	625447.58	13.21
1098	9237132.35	625544.19	13.26
1099	9237126.99	625545.48	13.13
1100	9237329.31	625464.31	13.41
1101	9237334.23	625462.34	13.27
1102	9237137.33	625571.76	13.36
1103	9237131.68	625572.55	13.23
1104	9237335.12	625478.98	13.46
1105	9237339.93	625476.66	13.31
1106	9237129.03	625584.25	12.47
1107	9237130.23	625590.40	12.53
1108	9237340.04	625492.29	13.32
1109	9237344.95	625490.09	13.33
1110	9237122.35	625589.76	10.82
1111	9237121.89	625585.55	10.79
1112	9237345.70	625506.36	13.40
1113	9237350.18	625504.13	13.34
1114	9237142.25	625598.36	13.30
1115	9237135.39	625599.24	13.18
1116	9237350.77	625520.20	13.47
1117	9237355.58	625518.05	13.42
1118	9237145.56	625618.30	13.39
1119	9237139.77	625619.79	13.19
1120	9237356.35	625534.93	13.42
1121	9237361.21	625532.75	13.30

PUNTO	NO RTE	ESTE	ELEVACION
1122	9237149.82	625643.03	13.55
1123	9237144.14	625644.20	13.17
1124	9237361.52	625548.76	13.51
1125	9237366.46	625546.81	13.41
1126	9237153.72	625666.89	13.54
1127	9237148.42	625667.93	13.37
1128	9237366.44	625561.53	13.32
1129	9237371.30	625559.72	13.47
1130	9237158.21	625693.23	13.55
1131	9237153.05	625694.06	13.51
1132	9237372.32	625577.33	13.44
1133	9237377.55	625575.20	13.32
1134	9237163.66	625724.43	13.50
1135	9237158.24	625725.30	13.44
1136	9237378.26	625592.26	13.58
1137	9237382.93	625590.34	13.43
1138	9237167.97	625750.74	13.46
1139	9237162.75	625751.68	13.45
1140	9237383.81	625606.84	13.44
1141	9237388.66	625605.09	13.33
1142	9237173.42	625781.90	13.52
1143	9237168.32	625783.78	13.46
1144	9237388.82	625619.93	13.62
1145	9237393.46	625618.14	13.47
1146	9237177.37	625807.52	13.75
1147	9237172.28	625809.21	13.27
1148	9237394.59	625635.44	13.48
1149	9237399.49	625633.54	13.38
1150	9237182.17	625834.62	13.60
1151	9237176.85	625836.67	13.42
1152	9237399.67	625649.30	13.51
1153	9237404.77	625647.32	13.56
1154	9237180.49	625856.05	13.57
1155	9237186.63	625854.20	13.86
1156	9237405.58	625663.64	13.69
1157	9237410.36	625661.68	13.43
1158	9237172.22	625858.74	12.06
1159	9237172.69	625863.17	12.12
1160	9237411.04	625678.05	13.48
1161	9237415.92	625675.77	13.46
1162	9237184.72	625870.59	13.55
1163	9237190.35	625868.62	13.74
1164	9237416.25	625691.12	13.65
1165	9237421.20	625689.09	13.62
1166	9237197.23	625890.83	13.88
1167	9237191.83	625893.78	13.47
1168	9237423.89	625708.40	13.93
1169	9237428.55	625705.98	13.37
1170	9237203.66	625910.54	13.54

PUNTO	NO RTE	ESTE	ELEVACION
1171	9237198.68	625913.19	13.71
1172	9237430.52	625724.17	13.48
1173	9237435.72	625721.59	13.46
1174	9237208.49	625924.25	13.95
1175	9237203.32	625925.27	13.64
1176	9237437.59	625738.80	13.67
1177	9237442.28	625736.75	13.59
1178	9237214.63	625938.91	13.76
1179	9237210.01	625942.41	13.74
1180	9237443.89	625752.08	13.63
1181	9237449.07	625749.77	13.64
1182	9237220.28	625953.62	14.01
1183	9237215.55	625955.77	13.79
1184	9237451.41	625765.83	13.73
1185	9237455.80	625763.44	13.63
1186	9237226.47	625967.50	13.73
1187	9237221.76	625970.01	13.49
1188	9237458.12	625779.02	13.64
1189	9237462.93	625776.57	13.49
1190	9237233.63	625981.51	13.84
1191	9237228.68	625983.83	13.62
1192	9237465.80	625792.99	13.50
1193	9237470.15	625790.78	13.54
1194	9237240.85	625994.45	13.98
1195	9237235.55	625997.44	13.58
1196	9237473.66	625807.44	13.78
1197	9237478.14	625804.84	13.47
1198	9237247.56	626007.22	13.83
1199	9237243.49	626012.31	13.61
1200	9237481.39	625820.81	13.85
1201	9237485.60	625818.20	13.47
1202	9237256.52	626022.36	13.98
1203	9237252.82	626026.81	13.58
1204	9237488.97	625833.88	13.69
1205	9237493.28	625831.04	13.48
1206	9237265.75	626036.51	14.00
1207	9237261.70	626041.01	13.78
1208	9237499.32	625850.75	13.76
1209	9237503.76	625848.25	13.42
1210	9237277.11	626052.69	13.75
1211	9237272.45	626057.33	13.79
1212	9237509.57	625865.99	13.59
1213	9237513.10	625863.51	13.63
1214	9237286.23	626065.26	13.85
1215	9237282.20	626070.63	13.87
1216	9237521.64	625884.88	13.80
1217	9237525.80	625882.12	13.78
1218	9237309.59	626095.00	13.58
1219	9237304.02	626098.63	13.77

PUNTO	NO RTE	ESTE	ELEVACION
1220	9237529.82	625897.72	13.97
1221	9237533.73	625894.92	13.76
1222	9237332.88	626123.46	14.00
1223	9237328.46	626126.78	13.99
1224	9237537.53	625909.41	13.98
1225	9237541.49	625906.80	13.65
1226	9237355.58	626150.75	14.04
1227	9237351.48	626154.45	13.87
1228	9237545.64	625922.06	13.69
1229	9237550.08	625919.54	14.06
1230	9237376.08	626175.04	13.99
1231	9237372.05	626178.80	14.05
1232	9237557.34	625939.06	14.11
1233	9237406.87	626211.28	13.92
1234	9237402.32	626214.59	13.93
1235	9237429.73	625739.59	10.05
1236	9237423.66	625727.75	10.04
1237	9237344.44	626126.86	10.72
1238	9237417.89	625715.28	9.77
1239	9237413.03	625703.60	9.93
1240	9237407.99	625692.00	9.72
1241	9237403.67	625679.89	9.95
1242	9237400.17	625668.64	10.23
1243	9237395.24	625655.91	10.32
1244	9237390.14	625643.92	10.03
1245	9237384.87	625630.77	10.02
1246	9237380.56	625618.48	9.87
1247	9237374.06	625603.37	9.89
1248	9237222.70	625939.06	8.99
1249	9237369.02	625591.02	9.89
1250	9237363.74	625574.68	9.91
1251	9237207.02	625898.91	9.78
1252	9237359.14	625562.51	9.85
1253	9237354.32	625550.71	9.86
1254	9237193.53	625855.75	9.81
1255	9237349.63	625538.59	9.96
1256	9237344.56	625526.19	9.85
1257	9237185.99	625812.71	9.56
1258	9237340.60	625514.76	9.79
1259	9237335.96	625502.98	9.78
1260	9237331.15	625490.82	9.65
1261	9237176.10	625755.67	9.51
1262	9237326.11	625477.87	9.35
1263	9237320.08	625462.73	9.43
1264	9237167.98	625707.05	9.18
1265	9237314.95	625448.88	9.63
1266	9237309.23	625433.70	9.48
1267	9237305.37	625421.07	9.59
1268	9237300.02	625410.26	9.35

PUNTO	NO RTE	ESTE	ELEVACION
1269	9237157.03	625638.43	8.80
1270	9237294.36	625397.21	9.40
1271	9237290.05	625383.80	9.36
1272	9237145.06	625567.65	8.61
1273	9237284.97	625369.67	9.26
1274	9237280.32	625356.84	9.35
1275	9237277.35	625347.06	9.50
1276	9237132.99	625502.65	9.00
1277	9237273.04	625332.74	9.22
1278	9237270.35	625321.45	9.67
1279	9237122.26	625439.75	8.85
1280	9237265.08	625309.15	9.13
1281	9237260.92	625294.44	8.99
1282	9237257.05	625279.72	9.00
1283	9237113.81	625379.18	8.61
1284	9237253.60	625266.02	9.05
1285	9237251.15	625254.07	9.21
1286	9237248.10	625241.02	8.90
1287	9237105.41	625315.51	8.26
1288	9237245.30	625228.28	9.21
1289	9237242.81	625215.44	9.43
1290	9237239.01	625202.38	9.23
1291	9237098.59	625252.36	7.85
1292	9237236.14	625187.07	9.50
1293	9237232.75	625177.23	9.32
1294	9237233.37	625171.11	9.88
1295	9237230.00	625163.76	9.48
1296	9237091.59	625205.62	7.90
1297	9237227.03	625149.96	9.85
1298	9237088.44	625190.39	8.72
1299	9237226.18	625134.67	10.16
1300	9237092.28	625182.28	7.80
1301	9237222.81	625119.65	9.13
1302	9237229.87	625118.20	12.52
1303	9237234.06	625118.01	12.15
1304	9237232.31	625106.92	12.21
1305	9237228.29	625106.71	12.38
1306	9237079.89	625174.70	13.48
1307	9237073.01	625168.54	12.96
1308	9237231.00	625101.03	12.16
1309	9237227.51	625102.33	12.26
1310	9237072.98	625123.17	12.75
1311	9237067.53	625124.16	12.65
1312	9237080.33	625124.26	9.15
1313	9237064.82	625124.88	11.29
1314	9237070.32	625103.22	12.88
1315	9237065.42	625104.47	12.74
1316	9237073.49	625084.59	10.10
1317	9237067.98	625078.32	13.01

PUNTO	NO RTE	ESTE	ELEVACION
1318	9237063.43	625078.13	12.75
1319	9237067.59	625042.43	12.82
1320	9237061.45	625040.75	12.73
1321	9237077.26	625008.61	8.81
1322	9237084.57	624959.74	8.47
1323	9237076.24	624961.03	12.77
1324	9237071.13	624960.86	12.59
1325	9237069.39	625005.90	12.76
1326	9237064.28	625005.08	12.74
1327	9237431.68	625727.59	13.62
1327-1	9237431.68	625727.59	13.62
1329	9237431.67	625727.58	13.64
1330	9237422.88	625693.59	13.43
1331	9237418.14	625696.49	13.49
1332	9237411.72	625700.61	9.90
1333	9237426.83	625716.36	13.55
1334	9237432.15	625714.91	13.54
1335	9237418.71	625718.14	9.79
1336	9237437.19	625739.69	13.56
1337	9237442.76	625738.02	13.47
1338	9237430.48	625742.64	9.94
1339	9237449.04	625762.42	13.58
1340	9237454.27	625760.56	13.53
1341	9237442.83	625765.83	10.14
1342	9237459.64	625782.97	13.75
1343	9237464.86	625781.11	13.53
1344	9237452.67	625786.10	9.74
1345	9237481.47	625822.02	13.77
1346	9237485.28	625818.65	13.56
1347	9237475.02	625825.42	10.12
1348	9237494.53	625843.90	13.70
1349	9237498.65	625841.05	13.63
1350	9237487.37	625847.41	9.85
1351	9237510.66	625868.70	13.73
1352	9237514.43	625865.57	13.65
1353	9237503.11	625872.73	9.87

## **ANEXO N° 2 – MECÁNICA DE SUELOS**

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

N.T.P. 339.127 ASTM D - 2216

**TÉCNICO** : OLAYA AGUILAR, WILSON ARTURO  
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR / VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TÍTULO DE TESIS** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.  
**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL  
**FECHA DE ENSAYO** :

DATO DE LA MUESTRA		Cantera	3 Tomas					
1	Numero de tara	Nº	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
2	Peso muestra húmeda + peso de tara	gr	515.28	525.96	518.46	512.44	524.17	513.91
3	Peso muestra seca (horno) + peso de tara	gr	491.16	500.4	489.68	488.87	499.06	482.71
4	Peso del Agua	gr	24.12	25.56	28.78	23.57	25.11	31.20
5	Peso de tara	gr	112.87	100.63	107.50	106.42	102.96	106.30
6	Peso muestra seca (horno)	gr	378.29	399.77	382.18	382.45	396.10	376.41
7	Contenido de humedad	%	6.38	6.394	7.53	6.16	6.34	8.29
8	Contenido de humedad (Promedio)	%	6.38		6.85		7.31	

ESPECIMEN DE ENSAYO		
TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULAS	TAMAÑO MALLAS ESTANDAR	MASA MINIMA ESPECIMEN
2 mm.	Nº 10	20 g *
4.75 mm.	Nº 4	100 g
9.5 mm.	3/8"	500 g
19.0 mm.	3/4"	2.5 Kg
37.5 mm.	1/2"	10 Kg
75.0 mm.	3"	50 Kg

\* Se usará no menos de 20 gramos para que sea representativa

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde :

- W : es el contenido de humedad, en porcentaje
- M<sub>cws</sub> : es el peso de la tara más la muestra húmeda, en gramos
- M<sub>cs</sub> : es el peso de la tara más la muestra secada en horno, en gramos
- M<sub>c</sub> : es el peso de la tara, en gramos
- M<sub>w</sub> : es el peso del agua, en gramos
- M<sub>s</sub> : es el peso de las partículas sólidas, en gramos

## DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

N.T.P. 339.127 ASTM D - 2216

**TÉCNICO** : OLAYA AGUILAR, WILSON ARTURO  
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR / VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TÍTULO DE TESIS** :  
 DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCA Y, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.  
**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL  
**FECHA DE ENSAYO** :

DATO DE LA MUESTRA		Cantera	La Victoria					
1	Numero de tara	Nº	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
2	Peso muestra húmeda + peso de tara	gr	503.52	518.46	522.14	509.94	516.72	511.58
3	Peso muestra seca (horno) + peso de tara	gr	475.99	487.68	493.46	485.37	487.28	479.19
4	Peso del Agua	gr	27.53	30.78	28.68	24.57	29.44	32.39
5	Peso de tara	gr	110.2	108.27	102.49	100.78	99.07	97.36
6	Peso muestra seca (horno)	gr	365.79	379.41	390.97	384.59	388.21	381.83
7	Contenido de humedad	%	7.53	8.113	7.34	6.39	7.58	8.48
8	Contenido de humedad (Promedio)	%	7.82		6.86		8.03	

ESPECIMEN DE ENSAYO		
TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULAS	TAMAÑO MALLAS ESTANDAR	MASA MINIMA ESPECIMEN
2 mm.	Nº 10	20 g *
4.75 mm.	Nº 4	100 g
9.5 mm.	3/8"	500 g
19.0 mm.	3/4"	2.5 Kg
37.5 mm.	1/2"	10 Kg
75.0 mm.	3"	50 Kg

\* Se usará no menos de 20 gramos para que sea representativa

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde :

W : es el contenido de humedad, en porcentaje  
 M<sub>cws</sub> : es el peso de la tara más la muestra húmeda, en gramos  
 M<sub>cs</sub> : es el peso de la tara más la muestra secada en horno, en gramos  
 M<sub>c</sub> : es el peso de la tara, en gramos  
 M<sub>w</sub> : es el peso del agua, en gramos  
 M<sub>s</sub> : es el peso de las partículas sólidas, en gramos



**PESO ESPECIFICO RELATIVO DE LAS PARTICULAS SOLIDAS (G<sub>s</sub>)**

N.T.P. 339.131 ASTM D - 854

**TÉCNICO** : OLAYA AGUILAR, WILSON ARTURO  
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR / VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TÍTULO DE TESIS** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.  
**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL  
**FECHA DE ENSAYO** :

**Identificación :**

Cantera	La Victoria	Muestra	PE - 01		
---------	-------------	---------	---------	--	--

Tabla.- Densidad Relativa del agua y Factor de conversiones K para diferentes temperaturas

Temperatura (°c)	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0
Densidad Rel. H <sub>2</sub> O	0.9987140	0.9986244	0.9985296	0.9984347	0.9983345	0.9982343	0.9981288	0.9980233
Fac. correc. (K)	1.0005	1.0004	1.0003	1.0002	1.0001	1.0000	0.9999	0.9998
Temperatura (°c)	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0
Densidad Rel. H <sub>2</sub> O	0.9979126	0.9978019	0.9976861	0.9975702	0.9974494	0.9973286	0.9972028	0.9970770
Fac. correc. (K)	0.9997	0.9996	0.9995	0.9993	0.9992	0.9991	0.9990	0.9988
Temperatura (°c)	25.5	26.0	26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0
Densidad Rel. H <sub>2</sub> O	0.9969463	0.9968156	0.9966804	0.9965451	0.9964052	0.9962652	0.9962070	0.9959761
Fac. correc. (K)	0.9987	0.9986	0.9984	0.9983	0.9982	0.9980	0.9979	0.9977

Numero de la Fiola	Volumen de la Fiola	Masa de la Fiola (M <sub>f</sub> )	Masa de la fiola + H <sub>2</sub> O (M <sub>a</sub> )	
			T <sub>i</sub> (°C)	T <sub>x</sub> (°C)
F - 1				
F - 2				

$$M_x(T) = \frac{\text{Densidad del agua } T_x}{\text{Densidad del agua } T_i} \times (M_a - M_f) + M_f$$

M<sub>a</sub> : Masa de la Fiola + Agua

M<sub>f</sub> : Masa de la Fiola

T<sub>x</sub> : temperatura del ensayo

T<sub>i</sub> : Temperatura calibrada

01	N° de fiola		01	02
02	Masa de la fiola (M <sub>f</sub> )	g.	117.17	117.17
03	Masa de la muestra de suelo - seco	g.	50.67	52.79
04	Masa de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	(2)+(3) g.	167.84	169.96
05	Masa de la muestra + Fiola + agua	g.	397.02	399.88
06	Masa de la fiola + peso de agua	[ M <sub>a</sub> (T <sub>x</sub> ) ] g.	365.80	365.80
07	Peso específico relativo de sólidos (G <sub>s</sub> )	[ (3) / [ (3) + (6) ] - (5) ] g/cm <sup>3</sup>	2.61	2.82
08	Temperatura del ensayo (T <sub>x</sub> )	°C	28.50	28.00
09	Factor de corrección	K	1.00	1.00
10	Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G <sub>s</sub> )	(7)x(9) g/cm <sup>3</sup>	2.60	2.81
11	Promedio Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G <sub>s</sub> )	g/cm <sup>3</sup>	2.71	

**K**, Valor que se calcula dividiendo la densidad relativa del agua a la temperatura del ensayo por la densidad relativa del agua a 20°C.

## PESO ESPECIFICO RELATIVO DE LAS PARTICULAS SOLIDAS (G<sub>s</sub>)

N.T.P. 339.131 ASTM D - 854

**TÉCNICO** : OLAYA AGUILAR, WILSON ARTURO  
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR / VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TÍTULO DE TESIS** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.  
**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL  
**FECHA DE ENSAYO** :

**Identificación :**

Cantera	3 Tomas	Muestra	PE - 01
---------	---------	---------	---------

Tabla.- Densidad Relativa del agua y Factor de conversiones K para diferentes temperaturas

Temperatura (°c)	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0
Densidad Rel .H <sub>2</sub> O	0.9987140	0.9986244	0.9985296	0.9984347	0.9983345	0.9982343	0.9981288	0.9980233
Fac. correc. (K)	1.0005	1.0004	1.0003	1.0002	1.0001	1.0000	0.9999	0.9998
Temperatura (°c)	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0
Densidad Rel .H <sub>2</sub> O	0.9979126	0.9978019	0.9976861	0.9975702	0.9974494	0.9973286	0.9972028	0.9970770
Fac. correc. (K)	0.9997	0.9996	0.9995	0.9993	0.9992	0.9991	0.9990	0.9988
Temperatura (°c)	25.5	26.0	26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0
Densidad Rel .H <sub>2</sub> O	0.9969463	0.9968156	0.9966804	0.9965451	0.9964052	0.9962652	0.9962070	0.9959761
Fac. correc. (K)	0.9987	0.9986	0.9984	0.9983	0.9982	0.9980	0.9979	0.9977

Numero de la Fiola	Volumen de la Fiola	Masa de la Fiola (M <sub>f</sub> )	Masa de la fiola + H <sub>2</sub> O (M <sub>a</sub> )	
			T <sub>i</sub> (°C)	T <sub>x</sub> (°C)
F - 1				
F - 2				

$$M_a(T_x) = \frac{\text{Densidad del agua } T_x}{\text{Densidad del agua } T_i} \times (M_a - M_f) + M_f$$

M<sub>a</sub> : Masa de la Fiola + Agua

M<sub>f</sub> : Masa de la Fiola

T<sub>x</sub> : temperatura del ensayo

T<sub>i</sub> : Temperatura calibrada

01	N° de fiola	01	02
02	Masa de la fiola (M <sub>f</sub> )	g.	117.17    117.17
03	Masa de la muestra de suelo - seco	g.	50.41    54.15
04	Masa de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	g.	167.58    171.32
05	Masa de la muestra + Fiola + agua	g.	397.64    400.88
06	Masa de la fiola + peso de agua [ M <sub>a</sub> (T <sub>x</sub> ) ]	g.	365.80    365.80
07	Peso específico relativo de sólidos (G <sub>s</sub> )	g/cm <sup>3</sup>	2.71    2.84
08	Temperatura del ensayo (T <sub>x</sub> )	°C	27.50    29.00
09	Factor de corrección	K	1.00    1.00
10	Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G <sub>s</sub> )	g/cm <sup>3</sup>	2.71    2.83
11	Promedio Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G <sub>s</sub> )	g/cm <sup>3</sup>	2.77

**K**, Valor que se calcula dividiendo la densidad relativa del agua a la temperatura del ensayo por la densidad relativa del agua a 20°C.

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

**TÉCNICO** : OLAYA AGUILAR, WILSON ARTURO  
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR / VELALLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TÍTULO DE TESIS** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.

**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL

**FECHA DE ENSAYO** :

PESO INICIAL 01 3147.0

PESO INICIAL 02

MALLAS		Peso Retenido	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
PULGADAS	MILÍMETROS				
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	271.0	8.61	8.61	91.39
1"	25.000	396.0	12.58	21.19	78.81
3/4"	19.000	326.0	10.36	31.55	68.45
1/2"	12.500	391.0	12.42	43.98	56.02
3/8"	9.500	285.0	9.06	53.03	46.97
1/4"	6.300	314.0	9.98	63.01	36.99
Nº4	4.750	180.0	5.72	68.73	31.27
Nº10	2.000	225.0	7.15	75.88	24.12
Nº20	0.850	274.0	8.71	84.59	15.41
Nº40	0.425	220.0	6.99	91.58	8.42
Nº60	0.250	135.0	4.29	95.87	4.13
Nº140	0.106	103.0	3.27	99.14	0.86
Nº200	0.075	24.0	0.76	99.90	0.10
FONDO		3.0	0.10	100.00	0.00

$$\% \text{ RETENIDO} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso inicial 01}} \times 100$$

$$\% \text{ RETENIDO (Metod. Frac.)} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso Inicial 02}} \times \% \text{ F.A.}$$

Ejemplo Tamiz 1"

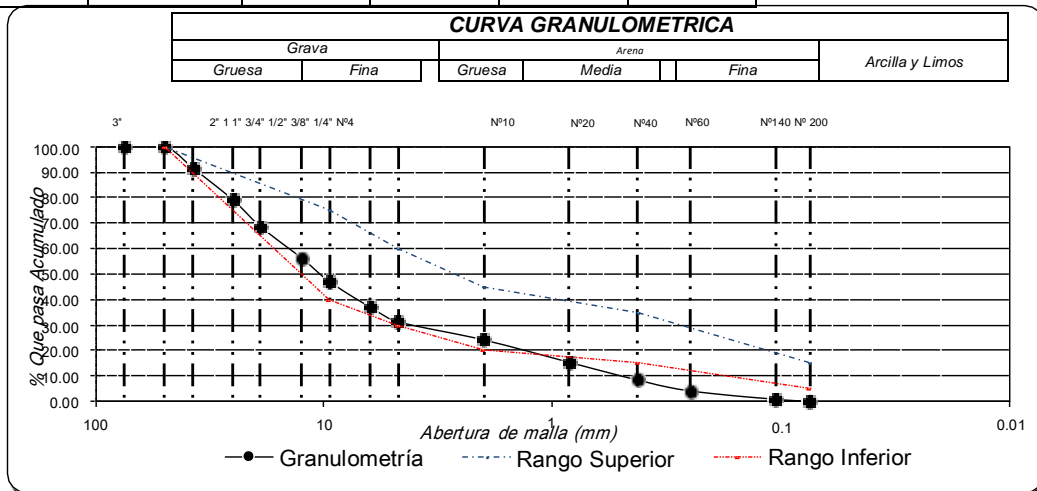
$$\% \text{ RETENIDO ACU. (tamiz 1")} = \text{La suma \% retenidos (tamices } 3" + 2" + 1 \frac{1}{2}" + 1")$$

$$\% \text{ QUE PASA ACUMULADO} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado}$$

$$\% \text{ F.A.} = \% \text{ Peso inicial 01} - \% \text{ F.G.}$$

% F.A. = % Fracción que pasa la malla Nº 4

% F.G. = % Facción que retenidos la malla Nº 4



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

**TÉCNICO** : OLAYA AGUILAR, WILSON ARTURO  
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR / VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TÍTULO DE TESIS** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.

**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL

**FECHA DE ENSAYO** :

PESO INICIAL 01

PESO INICIAL 02

MALLAS		Peso Retenido	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
PULGADAS	MILÍMETROS				
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	492.0	14.39	14.39	85.61
3/4"	19.000	292.0	8.54	22.94	77.06
1/2"	12.500	395.0	11.56	34.49	65.51
3/8"	9.500	232.0	6.79	41.28	58.72
1/4"	6.300	364.0	10.65	51.93	48.07
Nº4	4.750	215.0	6.29	58.22	41.78
Nº10	2.000	357.0	10.44	68.67	31.33
Nº20	0.850	394.0	11.53	80.19	19.81
Nº40	0.425	329.0	9.63	89.82	10.18
Nº60	0.250	166.0	4.86	94.68	5.32
Nº140	0.106	160.0	4.68	99.36	0.64
Nº200	0.075	21.0	0.61	99.97	0.03
FONDO		1.0	0.03	100.00	0.00

$$\% \text{ RETENIDO} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso inicial 01}} \times 100$$

$$\% \text{ RETENIDO (Metod. Frac.)} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso Inicial 02}} \times \% \text{ F.A.}$$

Ejemplo Tamiz 1"

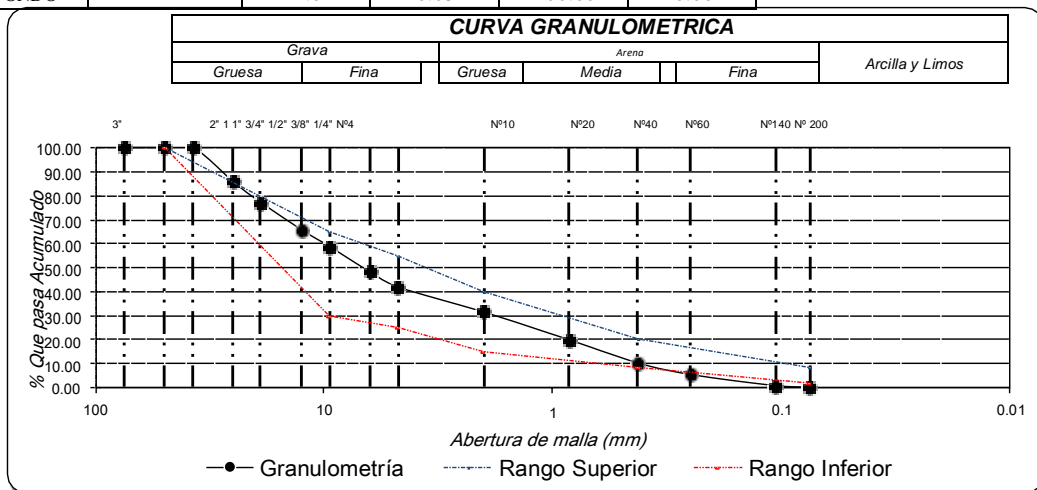
$$\% \text{ RETENIDO ACU. (tamiz 1")} = \text{La suma \% retenidos (tamices } 3" + 2" + 1 \frac{1}{2}" + 1")$$

$$\% \text{ QUE PASA ACUMULADO} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado}$$

$$\% \text{ F.A.} = \% \text{ Peso inicial 01} - \% \text{ F.G.}$$

% F.A. = % Fracción que pasa la malla Nº 4

% F.G. = % Facción que retenidos la malla Nº 4



**LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO e ÍNDICE PLÁSTICO**

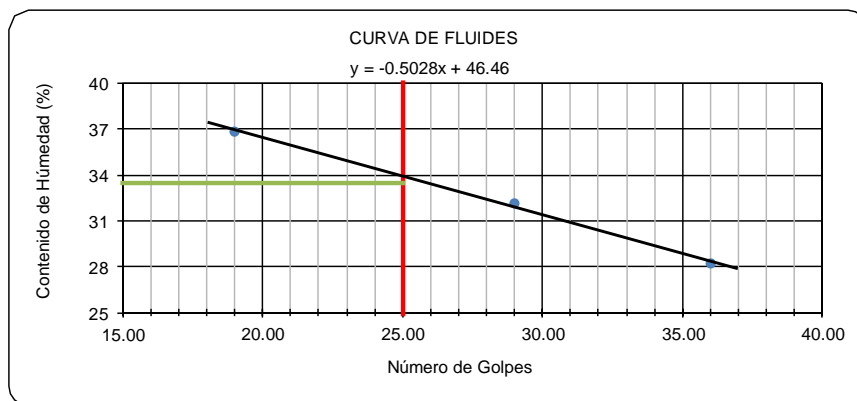
N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

**TÉCNICO** : OLAYA AGUILAR, WILSON ARTURO  
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR / VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TÍTULO DE TESIS** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.  
**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL  
**FECHA DE ENSAYO** :

Identificación :

Calicata	Muestra	Profundidad				
Datos de Ensayo		Límite Líquido			Límite Plástico	
1.-	Nº de Tara	1	2	3	4	5
2.-	Nº de Golpes	g.	36	29	19	
3.-	Peso de muestra humedad + tara	g.	40.07	44.05	37.09	29.11
4.-	Peso de muestra seca + tara	g.	32.81	35.05	29.02	26.11
5.-	Peso del agua	g.	7.26	9	8.07	3
6.-	Peso de tara	g.	7.07	7.05	7.09	7.11
7.-	Peso de muestra seca	g.	25.74	28	21.93	19
8.-	Contenido de humedad	%	28.21	32.14	36.80	15.79

F O R M U L A S	M E T O D O	U N P U N T O	$LL = \% \text{ Humedad} \times \left[ \frac{\text{N}^\circ \text{ Golpe}}{25} \right]^{0.121}$
		M U L T I P U N T O	$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso muestra seca}} \times 100$



Límite Líquido	%	33.453
Límite Plástico	%	17.895
Índice de Plasticidad	%	15.558

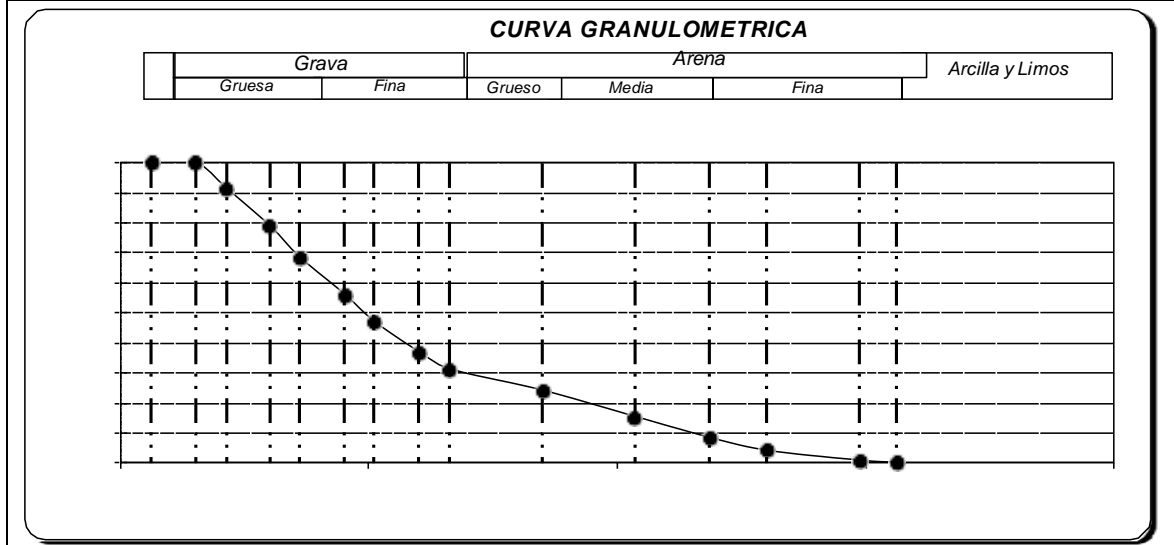
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR  
: VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC

**TESIS** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBA YEQUE.

**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL

**FECHA DE ENSAYO**

N° Tamiz	Abertura	% Acumulados	Retenido	<i>Ensayo de Límite de Atterberg</i>													
3"	75.000	0.00	100.00	Limite liquido (LL)	33.45 (%)												
2"	50.000	0.00	100.00	Limite Plastico (LP)	17.89 (%)												
1 1/2"	37.500	8.61	91.39	Indice Plastico (IP)	15.56 (%)												
1"	25.000	21.19	78.81	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;"><b>Curva de Fluides</b></p> </div>													
3/4"	19.000	31.55	68.45														
1/2"	12.500	43.98	56.02														
3/8"	9.500	53.03	46.97														
1/4"	6.300	63.01	36.99														
N° 4	4.750	68.73	31.27														
N° 10	2.000	75.88	24.12														
N° 20	0.850	84.59	15.41														
N° 40	0.425	91.58	8.42														
N° 60	0.250	95.87	4.13														
N° 140	0.106	99.14	0.86														
N° 200	0.075	99.90	0.10														
<b>Distribución granulométrico</b>																	
% Grava	G.G. %	31.6	68.7	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Clasificación (S.U.C.S.)</td> <td style="text-align: center;"><b>GW</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Descripción del suelo</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Grava bien graduada con arcilla y arena</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Clasificación (AASHTO)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Descripción</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>A-2-6 (0) REGULAR</b></td> </tr> </table>		Clasificación (S.U.C.S.)	<b>GW</b>	Descripción del suelo		<b>Grava bien graduada con arcilla y arena</b>		Clasificación (AASHTO)		Descripción		<b>A-2-6 (0) REGULAR</b>	
	Clasificación (S.U.C.S.)	<b>GW</b>															
Descripción del suelo																	
<b>Grava bien graduada con arcilla y arena</b>																	
Clasificación (AASHTO)																	
Descripción																	
<b>A-2-6 (0) REGULAR</b>																	
G. F %	37.2																
% Arena	A.G %	7.1	31.2														
	A.M %	15.7															
	A.F %	8.3															
% Arcilla y Limo		0.1	0.1														
<b>Total</b>			100.0														
<i>Contenido de Humedad</i>			6.86														



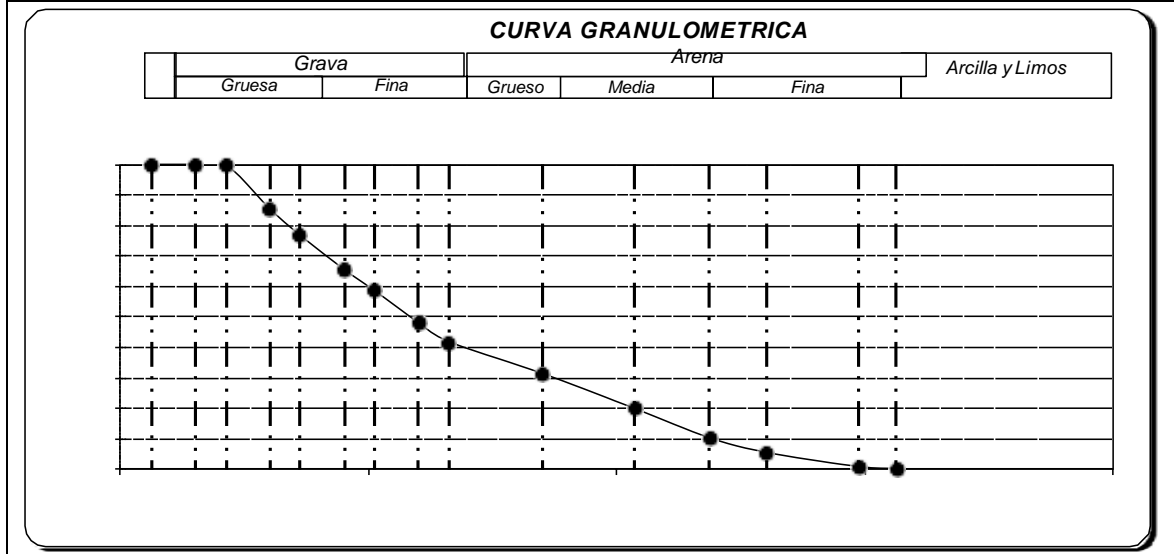
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR  
 : VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC

**TESIS** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.

**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL

**FECHA DE ENSAYO**

3"	75.000	0.00	100.00	Limite liquido (LL)	N.P. (%)
2"	50.000	0.00	100.00	Limite Plastico (LP)	N.P. (%)
1 1/2"	37.500	0.00	100.00	Indice Plastico (IP)	N.P. (%)
1"	25.000	14.39	85.61	<div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">Curva de Fluides</p> </div>	
3/4"	19.000	22.94	77.06		
1/2"	12.500	34.49	65.51		
3/8"	9.500	41.28	58.72		
1/4"	6.300	51.93	48.07		
N° 4	4.750	58.22	41.78		
N° 10	2.000	68.67	31.33		
N° 20	0.850	80.19	19.81		
N° 40	0.425	89.82	10.18		
N° 60	0.250	94.68	5.32		
N° 140	0.106	99.36	0.64		
N° 200	0.075	99.97	0.03		
<b>Distribución granulométrico</b>					
% Grava	G.G. %	22.9	58.2	Clasificación (S.U.C.S.) <b>GP</b> Descripción del suelo <b>Grava pobremente graduada con arena</b>	
	G. F %	35.3			
% Arena	A.G %	10.4	41.7	Clasificación (AASHTO) Descripción <b>A-1-a (0) BUENO</b>	
	A.M %	21.2			
	A.F %	10.2			
% Arcilla y Limo		0.0	0.0		
<b>Total</b>			100.0		
<b>Contenido de Humedad</b>			6.85		



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO)**

N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

**TÉCNICO** : OLAYA AGUILAR, WILSON ARTURO  
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR / VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TÍTULO DE TESIS** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.  
**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL  
**FECHA DE ENSAYO** :

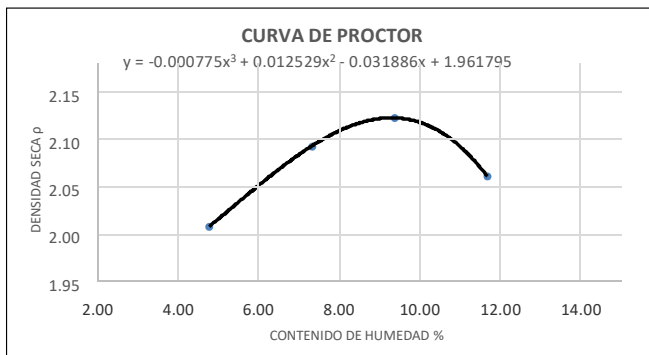
**Identificación :**

Cantera	La Victoria	Muestra	Superior				Profundidad	PROCEDIMIENTO			
1.- Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	7535	7835	7991	7950		PROCED.	A	B	C	
2.- Peso del molde	(gr)	3131	3131	3131	3131		MOLDE	4"	4"	6"	
3.- Volume del molde	cm <sup>3</sup>	2091	2091	2091	2091		CAPAS	5	5	5	
4.- Densidad humedad	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.11	2.25	2.32	2.30		GOLPES	25	25	56	
5.- N° de tara		1	2	3	4		PISÓN	10 Lbs.			
6.- Peso de tara + suelo húmedo	(gr)	262	240	221	257		CONDICIONES	< 20% Ret.	> 20% Ret.	> 20% Ret.	
7.- Peso de tara + suelo seco	(gr)	252	226	205	234			Acu. malla	Acu. malla	Acu. malla	
8.- Peso del agua	(gr)	10	14	16	23			Nº4	Nº4 y	3/8" Y	
9.- Peso de tara	(gr)	42	35	34	37				< 20% Ret.	< 30% Ret.	
10.- Peso de suelo seco	(gr)	210	191	171	197			Acu. malla	3/8"	3/4"	
11. Contenido de humedad	(%)	4.76	7.33	9.36	11.68						
12.- Densidad seca	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.01	2.10	2.13	2.06						

MALLAS	PSO RET.	% RETENI.	% RET. ACUMULAD.
PASA	RETL	(g)	
2"	3/4"	1144	18.67
3/4"	3/8"	773	12.62
3/8"	Nº4	678	11.07
FONDO		3531	57.64
PESO INICIAL		6126	100.00

MALLAS	% RETENI.	TANDA
PASA	RETL	
2"	3/4"	
3/4"	3/8"	
3/8"	Nº4	
FONDO		
PESO DE LA TANDA		

Máxima Densidad Seca	MDS	<input type="text" value="2.125"/>
Optimo Contenido de Humedad	OCH	<input type="text" value="9.262"/>



ECUACION : Y = Ax <sup>3</sup> + Bx <sup>2</sup> + Cx + D		
<b>ELABORACION DE LA CURVA</b>		
LA ECUACION DE LA CURVA DE LA IZQUIERDA		
INGRESAR LOS COEFICINETES : A , B , C y D EN EL SIGUIENTE CUADRO :		
A	-0.0007750	X <sup>3</sup>
B	0.0125290	X <sup>2</sup>
C	-0.0318860	X
D	1.9617950	Constante




**UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO)**  
*N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557*

**TÉCNICO** : OLAYA AGUILAR, WILSON ARTURO  
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR / VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TÍTULO DE TESIS** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.  
**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL  
**FECHA DE ENSAYO** :

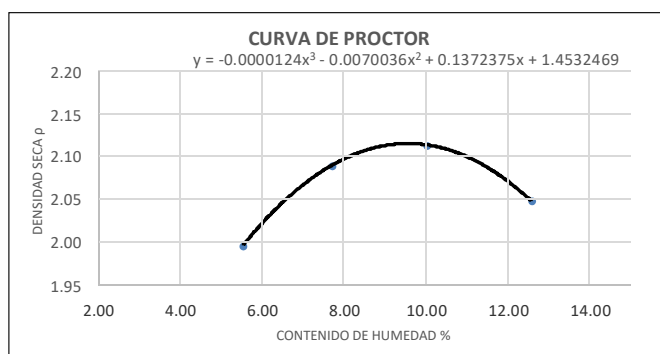
Identificación :

Cantera	La Victoria	Muestra	Inferior				Profundidad	PROCEDIMIENTO		
1.- Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	7535	7835	7991	7950		PROCED.	A	B	C
2.- Peso del molde	(gr)	3131	3131	3131	3131		MOLDE	4"	4"	6"
3.- Volume del molde	cm <sup>3</sup>	2091	2091	2091	2091		CAPAS	5	5	5
4.- Densidad humedad	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.11	2.25	2.32	2.30		GOLPES	25	25	56
5.- N° de tara		1	2	3	4		PISÓN	10 Lbs.		
6.- Peso de tara + suelo húmedo	(gr)	242	241	252	246		CONDICIONES	< 20% Ret.	> 20% Ret.	> 20% Ret.
7.- Peso de tara + suelo seco	(gr)	231	226	232	222			Acu. malla	Acu. malla	Acu. malla
8.- Peso del agua	(gr)	11	15	20	24			N°4	N°4 y	3/8" Y
9.- Peso de tara	(gr)	32	31	32	31			< 20% Ret.	< 20% Ret.	< 30% Ret.
10.- Peso de suelo seco	(gr)	199	195	200	191			Acu. malla	Acu. malla	
11. Contenido de humedad	(%)	5.53	7.69	10.00	12.57			3/8"	3/4"	
12.- Densidad seca	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.00	2.09	2.11	2.05					

MALLAS		PSO RET.	% RETENI.	% RET. ACUMULAD.
PASA	RETI.	(g)		
2"	3/4"	1144	18.67	18.67
3/4"	3/8"	773	12.62	31.29
3/8"	N°4	678	11.07	42.36
FONDO		3531	57.64	100.00
PESO INICIAL		6126		

Máxima Densidad Seca MDS   
 Optimo Contenido de Humedad OCH

MALLAS		% RETENI.	TANDA
PASA	RETI.		
2"	3/4"		
3/4"	3/8"		
3/8"	N°4		
FONDO			
PESO DE LA TANDA			



ECUACION : Y = Ax <sup>3</sup> + Bx <sup>2</sup> + Cx + D		
A	-0.0000124	X <sup>3</sup>
B	-0.0070036	X <sup>2</sup>
C	0.1372375	X
D	1.4532469	Constante

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO)**

N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

**TÉCNICO** : OLAYA AGUILAR, WILSON ARTURO  
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR / VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TÍTULO DE TESIS** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.  
**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL  
**FECHA DE ENSAYO** :

Identificación:

Cantera	La Victoria	Muestra	Superior				Profundidad	
1.- Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	7769	8169	8264	8050			
2.- Peso del molde	(gr)	3131	3131	3131	3131			
3.- Volume del molde	cm <sup>3</sup>	2091	2091	2091	2091			
4.- Densidad humedad	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.22	2.41	2.45	2.35			
5.- N° de tara		1	2	3	4			
6.- Peso de tara + suelo húmedo	(gr)	282	254	282	287			
7.- Peso de tara + suelo seco	(gr)	272	241	265	267			
8.- Peso del agua	(gr)	10	13	17	20			
9.- Peso de tara	(gr)	42	34	35	37			
10.- Peso de suelo seco	(gr)	230	207	230	230			
11. Contenido de humedad	(%)	4.35	6.28	7.39	8.70			
12.- Densidad seca	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.13	2.27	2.29	2.16			

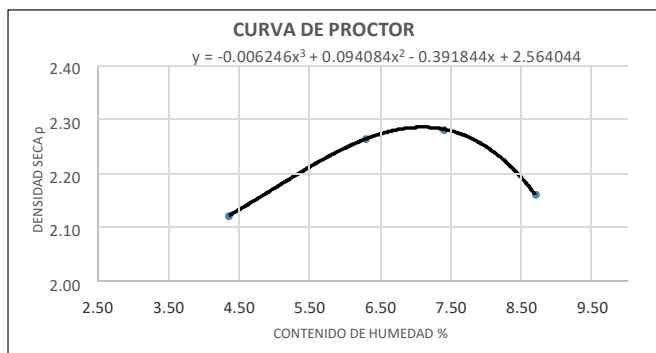
  

PROCEDIMIENTO			
PROCED.	A	B	C
MOLDE	4"	4"	6"
CAPAS	5	5	5
GOLPES	25	25	56
PISÓN	10 Lbs.		
CONDICIONES	< 20% Ret.	> 20% Ret.	> 20% Ret.
	Acu. malla N°4	Acu. malla N°4 y	Acu. malla 3/8" Y
	< 20% Ret.	< 20% Ret.	< 30% Ret.
	Acu. malla 3/8"	Acu. malla 3/8"	Acu. malla 3/4"

GRANULOMETRIA GLOBAL PARA ELEGIR EL PROCEDIMIENTO				
MALLAS		PSO RET.	% RETEN.	% RET. ACUMULAD.
PASA	RETI.	(g)		
2"	3/4"	745	10.17	10.17
3/4"	3/8"	826	11.28	21.45
3/8"	N°4	758	10.35	31.80
FONDO		4994	68.20	100.00
PESO INICIAL		7323		

CALCULO DE LA TANDA			
MALLAS		% RETENI.	TANDA
PASA	RETI.		
2"	3/4"		
3/4"	3/8"		
3/8"	N°4		
FONDO			
PESO DE LA TANDA			

Máxima Densidad Seca MDS   
 Optimo Contenido de Humedad OCH



ECUACION : Y = Ax <sup>3</sup> + Bx <sup>2</sup> + Cx + D		
<b>ELABORACION DE LA CURVA</b>		
LA ECUACION DE LA CURVA DE LA IZQUIERDA INGRESAR LOS COEFICINETES : A , B , C y D EN EL SIGUIENTE CUADRO :		
A	-0.0062460	X <sup>3</sup>
B	0.0940840	X <sup>2</sup>
C	-0.3918440	X
D	2.5640440	Constante

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO)**

N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

**TÉCNICO** : OLAYA AGUILAR, WILSON ARTURO  
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR / VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TÍTULO DE TESIS** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.  
**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL  
**FECHA DE ENSAYO** :

Identificación :

Cantera	La Victoria	Muestra	Superior	Profundidad	
1.- Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	7769	8169	8264	8050
2.- Peso del molde	(gr)	3131	3131	3131	3131
3.- Volume del molde	cm <sup>3</sup>	2091	2091	2091	2091
4.- Densidad humedad	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.22	2.41	2.45	2.35
5.- Nº de tara		1	2	3	4
6.- Peso de tara + suelo húmedo	(gr)	263	293	281	307
7.- Peso de tara + suelo seco	(gr)	250	274	260	282
8.- Peso del agua	(gr)	13	19	21	25
9.- Peso de tara	(gr)	42	34	35	37
10.- Peso de suelo seco	(gr)	208	240	225	245
11. Contenido de humedad	(%)	6.25	7.92	9.33	10.20
12.- Densidad seca	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.09	2.23	2.25	2.13

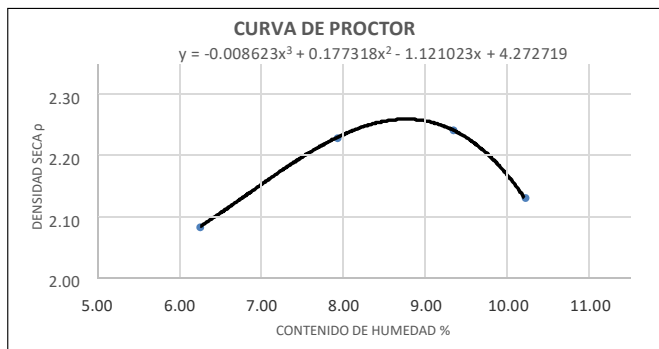
  

PROCEDIMIENTO			
PROCED.	A	B	C
MOLDE	4"	4"	6"
CAPAS	5	5	5
GOLPES	25	25	56
PISÓN	10 Lbs.		
CONDICIONES	< 20% Ret.	> 20% Ret.	> 20% Ret.
	Acu. malla	Acu. malla	Acu. malla
	Nº4	Nº4 y	3/8" Y
	< 20% Ret.	< 20% Ret.	< 30% Ret.
	Acu. malla	Acu. malla	Acu. malla
	3/8"	3/8"	3/4"

GRANULOMETRIA GLOBAL PARA ELEGIR EL PROCEDIMIENTO				
MALLAS		PSO RET.	% RETEN.	% RET. ACUMULAD.
PASA	RETI.	(g)		
2"	3/4"	745	10.17	10.17
3/4"	3/8"	826	11.28	21.45
3/8"	Nº4	758	10.35	31.80
FONDO		4994	68.20	100.00
PESO INICIAL		7323		

CALCULO DE LA TANDA			
MALLAS		% RETEN.	TANDA
PASA	RETI.		
2"	3/4"		
3/4"	3/8"		
3/8"	Nº4		
FONDO			
PESO DE LA TANDA			

Máxima Densidad Seca MDS   
 Optimo Contenido de Humedad OCH



ECUACION : Y = Ax <sup>3</sup> + Bx <sup>2</sup> + Cx + D		
<b>ELABORACION DE LA CURVA</b>		
LA ECUACION DE LA CURVA DE LA IZQUIERDA		
INGRESAR LOS COEFICIENTES : A , B , C y D EN EL SIGUIENTE CUADRO :		
A	-0.0086230	X <sup>3</sup>
B	0.1773180	X <sup>2</sup>
C	-1.1210230	X
D	4.2727190	Constante



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

N.T.P. 339.171 ASTM - D3080

**TÉCNICO** : OLAYA AGUILAR, WILSON ARTURO  
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ FLAVIO CÉSAR / VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TÍTULO DE TESIS** DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.  
**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA APIMENTEL  
**FECHA DE ENSAYO**

Cantera: LA VICTORIA Estado: ALTERADA

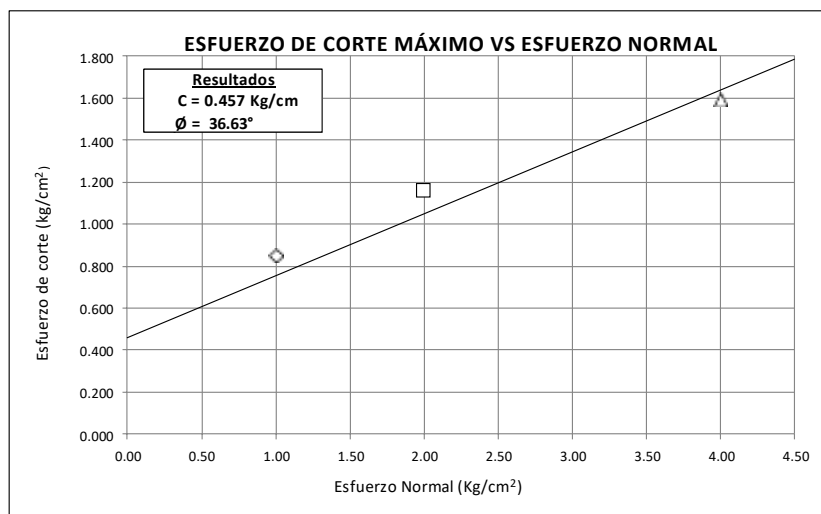
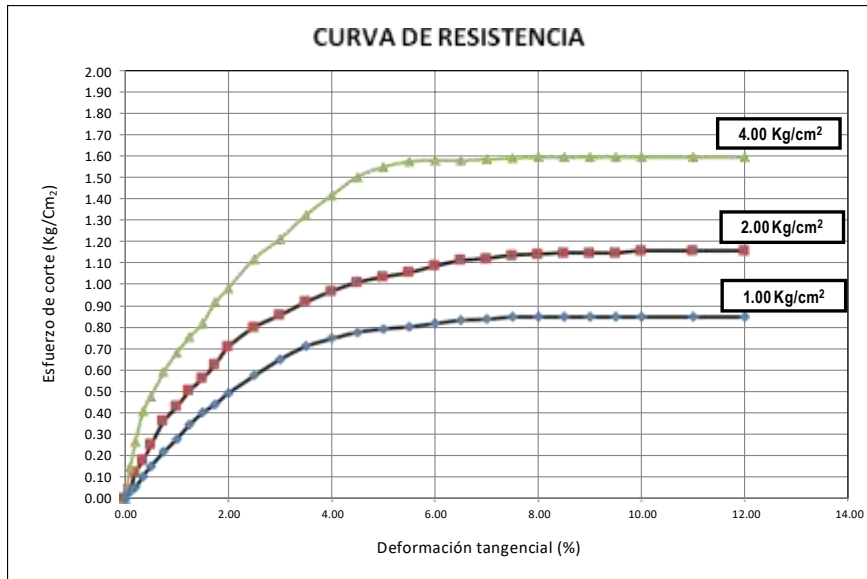
NUMERO DE ENSAYO	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
1 Esfuerzo Normal	1.00 Kg/cm2	2.00 Kg/cm2	4.00 Kg/cm2
2 Número del tallador	-	-	-
3 Peso del tallador	-	-	-
4 Lado o Diámetro del tallador	5.00 cm	5.00 cm	5.00 cm
5 Altura del tallador (muestra de ensayo)	2.00 cm	2.00 cm	2.00 cm
6 Area del tallador (muestra de ensayo)	19.63 cm2	19.63 cm2	19.63 cm2
7 Volumen del tallador	39.27 cm3	39.27 cm3	39.27 cm3
8 Peso del tallador + muestra hum. Natural	-	-	-
9 Número de Tara	T-1	T-2	T-3
10 Peso de tara + muestra humeda	103.37 g.	104.44 g.	102.16 g.
11 Peso de tara + muestra seca	96.11 g.	97.18 g.	94.90 g.
12 Peso de la tara	20.35 g.	21.42 g.	19.14 g.
13 Contenido de humedad Natural	9.58 %	9.58 %	9.58 %
14 Peso del tallador + muestra hum. Saturada	0.00 g.	0.00 g.	0.00 g.
15 Número de Tara	T-1	T-2	T-3
16 Peso de tara + muestra Saturada	104.35 g.	105.42 g.	103.14 g.
17 Peso de tara + muestra seca	90.73 g.	91.80 g.	89.52 g.
18 Peso de la tara	20.35	21.42	19.14 g.
19 Contenido de humedad Natural	19.35 %	19.35 %	19.35 %

ENSAYO N° 01				ENSAYO N° 02				ENSAYO N° 03			
Dial Deforma.	Fuerza cortante	% Deforma.	Esfuerzo cortante	Dial Deforma.	Fuerza cortante	% Deforma.	Esfuerzo cortante	Dial Horiz.	Fuerza cortante	% Deforma.	Esfuerzo cortante
mm.	Kg.	mm.	Kg/cm2	mm.	Kg.	mm.	Kg/cm2	mm.	Kg.	mm.	Kg/cm2
0.00	0.0	0.00	0.000	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.000
0.05	0.6	0.10	0.031	0.05	0.8	0.10	0.041	0.05	2.90	0.10	0.148
0.10	1.0	0.20	0.051	0.10	2.4	0.20	0.122	0.10	5.20	0.20	0.265
0.18	2.1	0.35	0.107	0.18	3.5	0.35	0.178	0.18	8.00	0.35	0.407
0.25	3.0	0.50	0.153	0.25	4.9	0.50	0.250	0.25	9.40	0.50	0.479
0.38	4.3	0.75	0.219	0.38	7.1	0.75	0.362	0.38	11.60	0.75	0.591
0.50	5.5	1.00	0.280	0.50	8.4	1.00	0.428	0.50	13.40	1.00	0.682
0.63	6.8	1.25	0.346	0.63	9.9	1.25	0.504	0.63	14.80	1.25	0.754
0.75	7.9	1.50	0.402	0.75	11.0	1.50	0.560	0.75	16.10	1.50	0.820
0.88	8.7	1.75	0.443	0.88	12.3	1.75	0.626	0.88	18.00	1.75	0.917
1.00	9.7	2.00	0.494	1.00	13.9	2.00	0.708	1.00	19.30	2.00	0.983
1.25	11.3	2.50	0.576	1.25	15.7	2.50	0.800	1.25	22.00	2.50	1.120
1.50	12.8	3.00	0.652	1.50	16.8	3.00	0.856	1.50	23.80	3.00	1.212
1.75	14.0	3.50	0.713	1.75	18.0	3.50	0.917	1.75	26.00	3.50	1.324
2.00	14.7	4.00	0.749	2.00	19.0	4.00	0.968	2.00	27.80	4.00	1.416
2.25	15.3	4.50	0.779	2.25	19.8	4.50	1.008	2.25	29.50	4.50	1.502
2.50	15.6	5.00	0.795	2.50	20.3	5.00	1.034	2.50	30.40	5.00	1.548
2.75	15.8	5.50	0.805	2.75	20.7	5.50	1.054	2.75	30.90	5.50	1.574
3.00	16.1	6.00	0.820	3.00	21.3	6.00	1.085	3.00	31.00	6.00	1.579
3.25	16.4	6.50	0.835	3.25	21.8	6.50	1.110	3.25	31.00	6.50	1.579
3.50	16.5	7.00	0.840	3.50	22.0	7.00	1.120	3.50	31.10	7.00	1.584
3.75	16.7	7.50	0.851	3.75	22.3	7.50	1.136	3.75	31.20	7.50	1.589
4.00	16.7	8.00	0.851	4.00	22.4	8.00	1.141	4.00	31.30	8.00	1.594
4.25	16.7	8.50	0.851	4.25	22.5	8.50	1.146	4.25	31.30	8.50	1.594
4.50	16.7	9.00	0.851	4.50	22.5	9.00	1.146	4.50	31.30	9.00	1.594
4.75	16.7	9.50	0.851	4.75	22.5	9.50	1.146	4.75	31.30	9.50	1.594
5.00	16.7	10.00	0.851	5.00	22.7	10.00	1.156	5.00	31.30	10.00	1.594
5.50	16.7	11.00	0.851	5.50	22.7	11.00	1.156	5.50	31.30	11.00	1.594
6.00	16.7	12.00	0.851	6.00	22.7	12.00	1.156	6.00	31.30	12.00	1.594
Esfuerzo de Corte Máximo:			0.851	Esfuerzo de Corte Máximo:			1.156	Esfuerzo de Corte Máximo:			1.594

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

N.T.P. 339.171 ASTM - D3080

**TÉCNICO** : OLAYA AGUILAR, WILSON ARTURO  
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR / VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TÍTULO DE** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DE DEFENSA RIBEREÑA CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.  
**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL  
**FECHA DE** :





FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

N.T.P. 339.171 ASTM - D3080

**TÉCNICO** : OLAYA AGUILAR, WILSON ARTURO  
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ FLAVIO CÉSAR / VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TÍTULO DE TESIS** DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN -

**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA APIMENTEL

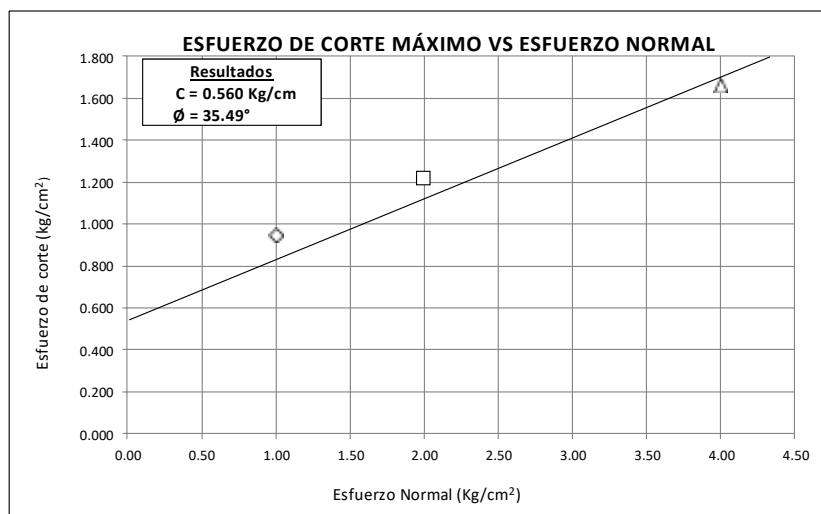
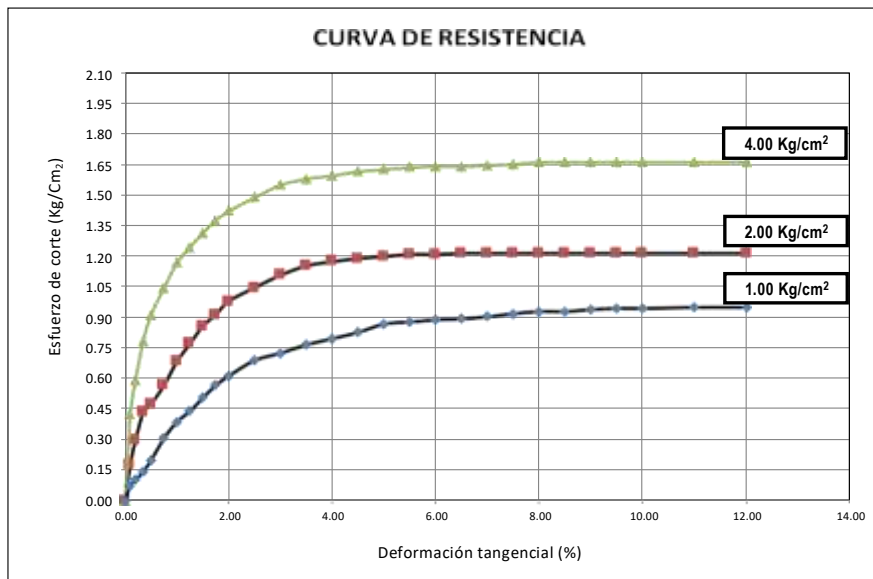
**FECHA DE ENSAYO**

Cantera: 3 TOMAS Estado: ALTERADA

NUMERO DE ENSAYO	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
1 Esfuerzo Normal	1.00 Kg/cm2	2.00 Kg/cm2	4.00 Kg/cm2
2 Número del tallador	-	-	-
3 Peso del tallador	-	-	-
4 Lado o Diámetro del tallador	5.00 cm	5.00 cm	5.00 cm
5 Altura del tallador (muestra de ensayo)	2.00 cm	2.00 cm	2.00 cm
6 Area del tallador (muestra de ensayo)	19.63 cm2	19.63 cm2	19.63 cm2
7 Volumen del tallador	39.27 cm3	39.27 cm3	39.27 cm3
8 Peso del tallador + muestra hum. Natural	-	-	-
9 Número de Tara	T-1	T-2	T-3
10 Peso de tara + muestra humeda	103.37 g.	104.44 g.	102.16 g.
11 Peso de tara + muestra seca	96.11 g.	97.18 g.	94.90 g.
12 Peso de la tara	20.35 g.	21.42 g.	19.14 g.
13 Contenido de humedad Natural	9.58 %	9.58 %	9.58 %
14 Peso del tallador + muestra hum. Saturada	0.00 g.	0.00 g.	0.00 g.
15 Número de Tara	T-1	T-2	T-3
16 Peso de tara + muestra Saturada	104.35 g.	105.42 g.	103.14 g.
17 Peso de tara + muestra seca	90.73 g.	91.80 g.	89.52 g.
18 Peso de la tara	20.35	21.42	19.14 g.
19 Contenido de humedad Natural	19.35 %	19.35 %	19.35 %

ENSAYO N° 01				ENSAYO N° 02				ENSAYO N° 03			
Dial Deforma. mm.	Fuerza cortante Kg.	% Deforma. mm.	Esfuerzo cortante Kg/cm2	Dial Deforma. mm.	Fuerza cortante Kg.	% Deforma. mm.	Esfuerzo cortante Kg/cm2	Dial Horiz. mm.	Fuerza cortante Kg.	% Deforma. mm.	Esfuerzo cortante Kg/cm2
0.00	0.0	0.00	0.000	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.000
0.05	1.4	0.10	0.071	0.05	3.5	0.10	0.178	0.05	8.30	0.10	0.423
0.10	2.0	0.20	0.102	0.10	5.8	0.20	0.295	0.10	11.60	0.20	0.591
0.18	2.8	0.35	0.143	0.18	8.5	0.35	0.433	0.18	15.40	0.35	0.784
0.25	3.9	0.50	0.199	0.25	9.3	0.50	0.474	0.25	17.90	0.50	0.912
0.38	6.0	0.75	0.306	0.38	11.1	0.75	0.565	0.38	20.50	0.75	1.044
0.50	7.6	1.00	0.387	0.50	13.4	1.00	0.682	0.50	22.90	1.00	1.166
0.63	8.6	1.25	0.438	0.63	15.1	1.25	0.769	0.63	24.40	1.25	1.243
0.75	9.9	1.50	0.504	0.75	16.8	1.50	0.856	0.75	25.80	1.50	1.314
0.88	11.1	1.75	0.565	0.88	17.9	1.75	0.912	0.88	27.00	1.75	1.375
1.00	12.0	2.00	0.611	1.00	19.2	2.00	0.978	1.00	27.90	2.00	1.421
1.25	13.5	2.50	0.688	1.25	20.5	2.50	1.044	1.25	29.20	2.50	1.487
1.50	14.2	3.00	0.723	1.50	21.7	3.00	1.105	1.50	30.40	3.00	1.548
1.75	15.0	3.50	0.764	1.75	22.6	3.50	1.151	1.75	31.00	3.50	1.579
2.00	15.6	4.00	0.795	2.00	23.0	4.00	1.171	2.00	31.30	4.00	1.594
2.25	16.2	4.50	0.825	2.25	23.3	4.50	1.187	2.25	31.70	4.50	1.614
2.50	17.0	5.00	0.866	2.50	23.5	5.00	1.197	2.50	31.90	5.00	1.625
2.75	17.2	5.50	0.876	2.75	23.7	5.50	1.207	2.75	32.10	5.50	1.635
3.00	17.4	6.00	0.886	3.00	23.7	6.00	1.207	3.00	32.20	6.00	1.640
3.25	17.5	6.50	0.891	3.25	23.8	6.50	1.212	3.25	32.20	6.50	1.640
3.50	17.7	7.00	0.901	3.50	23.8	7.00	1.212	3.50	32.30	7.00	1.645
3.75	18.0	7.50	0.917	3.75	23.8	7.50	1.212	3.75	32.40	7.50	1.650
4.00	18.2	8.00	0.927	4.00	23.8	8.00	1.212	4.00	32.60	8.00	1.660
4.25	18.2	8.50	0.927	4.25	23.8	8.50	1.212	4.25	32.60	8.50	1.660
4.50	18.4	9.00	0.937	4.50	23.8	9.00	1.212	4.50	32.60	9.00	1.660
4.75	18.5	9.50	0.942	4.75	23.8	9.50	1.212	4.75	32.60	9.50	1.660
5.00	18.5	10.00	0.942	5.00	23.8	10.00	1.212	5.00	32.60	10.00	1.660
5.50	18.6	11.00	0.947	5.50	23.8	11.00	1.212	5.50	32.60	11.00	1.660
6.00	18.6	12.00	0.947	6.00	23.8	12.00	1.212	6.00	32.60	12.00	1.660
Esfuerzo de Corte Máximo:			0.947	Esfuerzo de Corte Máximo:			1.212	Esfuerzo de Corte Máximo:			1.660

**TÉCNICO** : OLAYA AGUILAR, WILSON ARTURO  
**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR / VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TÍTULO DE** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DE DEFENSA RIBEREÑA CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ,  
**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL  
**FECHA DE** :



## **ANEXO N° 3 – ESTUDIO HIDROLÓGICO**



## **ANEXO N° 3.1. – ESTUDIO HIDROMÉTRICO**

**MÉTODOS ESTADÍSTICOS – RÍO CHANCAY**

Tesis: DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.

Tesistas: ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR  
VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC

DESCARGA MÁXIMAS ANUALES DEL RÍO CHANCAY EN m<sup>3</sup>/s

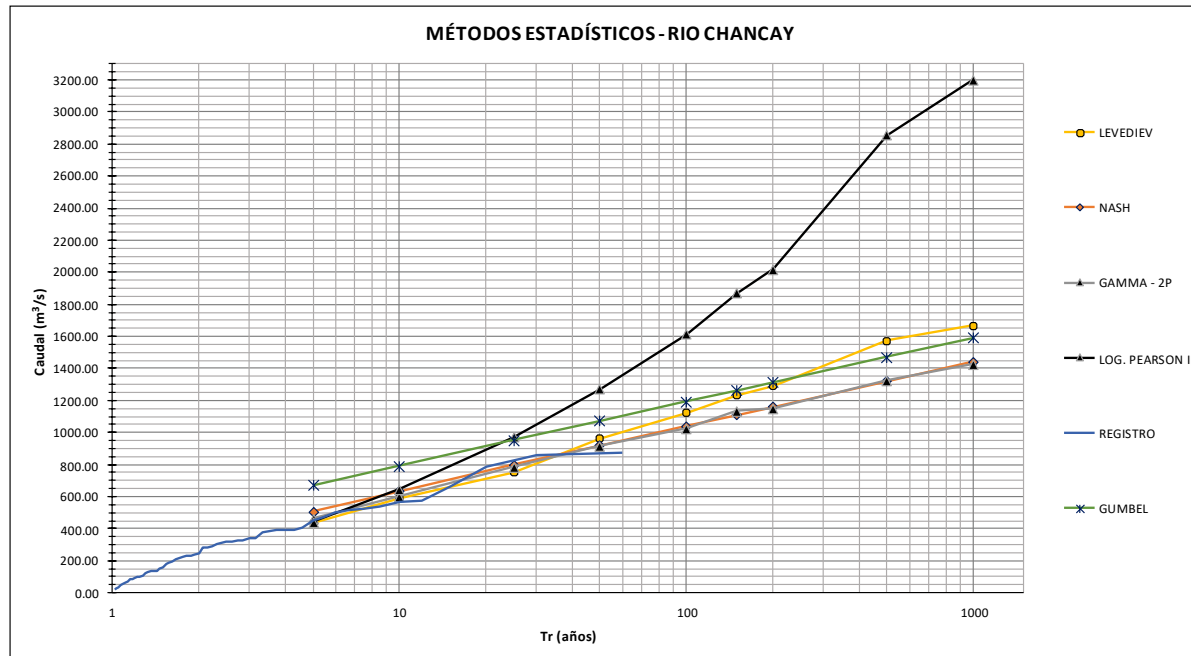
(Estación Bocatoma  
RACARRUMI)

AÑOS	Q max (m <sup>3</sup> /sg)	AÑOS	Q max (m <sup>3</sup> /sg)
1960	181.17	1990	37.39
1961	161.32	1991	85.02
1962	248.50	1992	61.70
1963	138.26	1993	322.23
1964	208.06	1994	98.49
1965	216.56	1995	51.46
1966	136.69	1996	98.66
1967	228.75	1997	58.14
1968	135.21	1998	662.20
1969	288.43	1999	341.64
1970	230.09	2000	323.76
1971	858.59	2001	450.24
1972	388.28	2002	315.72
1973	391.05	2003	188.46
1974	222.45	2004	192.92
1975	871.81	2005	376.52
1976	241.20	2006	541.39
1977	282.92	2007	344.16
1978	148.87	2008	572.90
1979	314.34	2009	513.88
1980	127.32	2010	389.30
1981	502.99	2011	282.94
1982	23.00	2012	568.16
1983	783.80	2013	526.45
1984	121.17	2014	300.76
1985	26.41	2015	385.70
1986	95.91	2016	403.48
1987	82.97	2017	470.55
1988	68.41	2018	322.51
1989	107.57		

Fuente: Proyecto Especial Olmos Tinajones, ANA.

## RESUMEN DE MÉTODOS ESTADÍSTICOS - RÍO CHANCAY

T (años)	GUMBEL	LEVEDIEV	NASH	LOG. PEARSON II	GAMMA - 2P
	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)
5	671.43	437.84	505.74	441.00	463.23
10	791.87	591.03	634.67	645.29	601.75
25	951.09	752.54	797.98	971.90	785.12
50	1071.53	965.02	919.41	1268.73	916.97
100	1191.98	1123.64	1040.16	1615.15	1026.98
<b>150</b>	<b>1262.43</b>	<b>1234.69</b>	<b>1110.66</b>	<b>1870.36</b>	<b>1134.09</b>
200	1312.42	1291.67	1160.66	2017.19	1149.47
500	1471.64	1572.89	1319.93	2853.43	1323.08
1000	1592.08	1669.18	1440.50	3203.12	1428.40



Para la elección del caudal de diseño, se eligió el método de mejor tendencia al registro histórico

LEVEDIEV

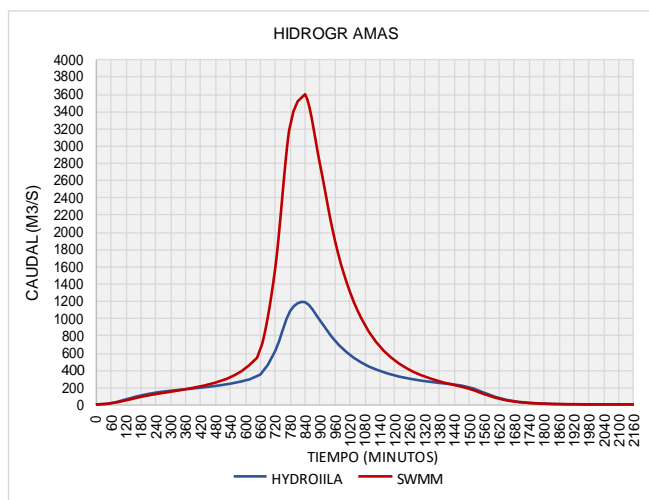
Qd = 1234.69 m3/s

## **ANEXO N° 3.2. – ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO**

**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR  
VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TESIS** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE  
(TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCA Y, TRAMO PUENTE ETEN-  
MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.

Resultados obtenidos del Hec - Hms.

Tiempo (min.)	Q max (m <sup>3</sup> /s) con Hydroiila	Q max (m <sup>3</sup> /s) con SWMM
0	0.00	0.00
60	14.70	11.40
120	59.40	47.00
180	106.50	87.30
240	139.10	119.70
300	161.00	147.40
360	179.00	176.10
420	196.80	209.60
480	216.90	252.90
540	242.90	315.50
600	282.10	419.80
660	349.90	621.00
720	623.90	1580.10
780	1091.50	3259.80
840	1193.80	3600.20
900	980.30	2784.30
960	741.60	1895.20
1020	577.40	1303.00
1080	466.60	920.00
1140	391.10	671.40
1200	338.80	508.90
1260	301.30	399.40
1320	273.40	323.70
1380	250.90	266.20
1440	233.20	224.00
1500	201.50	180.90
1560	136.20	118.70
1620	74.70	64.50
1680	38.10	32.80
1740	19.80	16.90
1800	10.20	8.60
1860	5.10	4.30
1920	2.60	2.10
1980	1.20	1.00
2040	0.50	0.40
2100	0.10	0.10
2160	0.00	0.00



Nota: Se escogerá la gráfica del hidrograma de Hydroiila, por lo que el resultado de su caudal se ajusta mejor al del hidrométrico.

## **ANEXO N° 4 – ESTUDIO HIDRÁULICO**

## **ANEXO N° 4.1. – ANCHO ESTABLE DEL CAUCE**

**DETERMINACIÓN DEL ANCHO ESTABLE DEL CAUCE**

Tesis: DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBERENA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCA Y, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.

Tesistas: ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR  
VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC

**ANCHO ESTABLE RÍO CHANCA Y EN LAS INMEDIACIONES DEL PUENTE ETEN -  
MONSEFÚ.**

MÉTODO	PARÁMETROS	VALORES	ANCHO ESTABLE "B"												
<b>1. MÉTODO DE PETITS</b> $BB = 4.44 QQ$	Q: Caudal de diseño para un Tr de 150 años.	Q= 1234.69 m <sup>3</sup> /s	B= 156.01 m												
<b>2. MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON</b> $BB = K_1 QQ$	Q: Caudal de diseño para un Tr de 150 años. K1: Condiciones del fondo del cauce (Adimensional) Fondo y orillas de arena K1= 5.70 Fondo arena y orillas de mat. cohesivo K1= 4.20 Fondo y orillas de material cohesivo K1= 3.60 Fondo y orillas del cauce de grava K1= 2.90 Fondo arena y orillas de mat. No cohesivo K1= 2.80	Q= 1234.69 m <sup>3</sup> /s K1= 2.80	B= 98.39 m												
<b>3. MÉTODO DE BLENCH</b> $BB = 1.81 \frac{F_b QQ^{1/2}}{F_s}$	Q: Caudal de diseño para un Tr de 150 años. Fb: Factor de fondo Fs: Factor de orilla Valores de Fb y Fs Material grueso Fb= 1.20 Material fino Fb= 0.80 Material suelto Fs= 0.10 Material ligeramente cohesivo Fs= 0.20 Material cohesivo Fs= 0.30	Q= 1234.69 m <sup>3</sup> /s Fb= 0.80 Fs= 0.10	B= 179.89 m												
<b>4. MÉTODO DE ALTUNIN</b> $BB = EE \frac{QQ^{3/5}}{S^{1/2}}$	Q: Caudal de diseño para un Tr de 150 años. S: Pendiente del fondo del cauce m/m. m: Coeficiente del tipo de río (Adimensional) Ríos en zona montañosa m= 0.50 Cauces aluviales m= 1.00 Cauces arenosos m= 0.70 E: Coeficiente de altunin $E = \frac{5}{3} \frac{1}{3+5mm}$ n: Rugosidad del cauce K: Coeficiente (de forma). Cauces en material aluvial K= 8 a 12 Ríos con orillas difícil de erosionar K= 3 a 5 Ríos con orillas erosionables K= 16 a 20 Valor práctico K= 10	Q= 1234.69 m <sup>3</sup> /s S= 0.003 m/m m= 0.70 E= 1.9 n= 0.04 K= 16	B= 195.04 m												
<b>5. RECOMENDACIÓN PRÁCTICA</b>	<table border="1"> <tr> <td>Q (m<sup>3</sup>/s)</td> <td>B (m)</td> </tr> <tr> <td>3000</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>2400</td> <td>190</td> </tr> <tr> <td>1500</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>70</td> </tr> </table> <p>Según el valor del caudal de diseño para un periodo de retorno Tr=150 años, se tienen los siguientes valores de B:</p>	Q (m <sup>3</sup> /s)	B (m)	3000	200	2400	190	1500	120	1000	100	500	70	Q= 1234.69 m <sup>3</sup> /s	B= 110.00 m
Q (m <sup>3</sup> /s)	B (m)														
3000	200														
2400	190														
1500	120														
1000	100														
500	70														
<b>ANCHO PROMEDIO</b>			B= 147.86 m												

**B = 150.00 m**

Finalmente se selecciona un ancho estable "B" de acuerdo a la zona en estudio, por lo tanto:



## **ANEXO N° 4.2. – PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
PROPUESTA DE INVESTIGACION  
SOCAVACION GENERAL**

Tesis: DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRAPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.

Tesistas: ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR  
VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC

**1. METODO DE LISCHTVAN - LEVEDIEV**

Es aquella producida en todo el ancho del cauce cuando ocurre una crecida debido al efecto hidráulico de un estrechamiento de la sección; para el cálculo se empleará el Método de Lischtván - Levedieb.

**Cálculo de la profundidad de la socavación en suelos homogéneos:**

$$\text{Suelos cohesivos: } HS = \left[ \frac{\alpha \cdot h^{5/3}}{0.60 \cdot w \cdot \beta} \right]^{\frac{1}{x+1}}$$

$$\text{Suelos no cohesivos: } HS = \left[ \frac{\alpha \cdot h^{5/3}}{0.68 \cdot D \cdot \beta} \right]^{\frac{1}{x+1}}$$

Donde:  $\alpha = Q_d / (H_m B_e \mu)$   
 $Q_d$  = caudal de diseño (m<sup>3</sup>/seg)  
 $B_e$  = ancho efectivo de la superficie del líquido en la sección transversal  
 $\mu$  = coeficiente de contracción. Ver tabla N° 1  
 $H_m$  = profundidad media de la sección  
 $x$  = exponente variable que depende del diámetro del material y se encuentra en la tabla N° 2  
 $D_m$  = diámetro medio (en mm)  
 $\phi$  = Factor de corrección por forma de transporte de sedimentos, generalmente es igual a 1.  
 $h = H_o$  = Tirante antes de la erosión.

**TABLA N° 1  
COEFICIENTE DE CONTRACCION,  $\mu$**

Velocidad media en la sección, en m / seg	Longitud libre entre dos estribos												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
Menor de 1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
4.00 o mayor	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

**TABLA N° 2  
VALORES DE X PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS**

SUELOS COHESIVOS	
P. ESPECIFICO $\gamma_d$ (Tn/m <sup>3</sup> )	x
0.80	0.52
0.83	0.51
0.86	0.50
0.88	0.49
0.90	0.48
0.93	0.47
0.96	0.46
0.98	0.45
1.00	0.44
1.04	0.43
1.08	0.42
1.12	0.41
1.16	0.40
1.20	0.39
1.24	0.38
1.28	0.37
1.34	0.36
1.40	0.35
1.46	0.34
1.52	0.33
1.58	0.32
1.64	0.31
1.71	0.30
1.80	0.29
1.89	0.28
2.00	0.27

SUELOS NO COHESIVOS	
dm (mm)	x
0.05	0.43
0.15	0.42
0.50	0.41
1.00	0.40
1.50	0.39
2.50	0.38
4.00	0.37
6.00	0.36
8.00	0.35
10.00	0.34
15.00	0.33
20.00	0.32
25.00	0.31
40.00	0.30
60.00	0.29
90.00	0.28
140.00	0.27
190.00	0.26
260.00	0.25
310.00	0.24
370.00	0.23
450.00	0.22
570.00	0.21
750.00	0.20
1000.00	0.19

**TABLA N° 3  
VALORES DEL COEFICIENTE  $\beta$**

Periodo de retorno del gasto de diseño (en años)	Coficiente $\beta$
2	0.82
5	0.86
10	0.90
20	0.94
50	0.97
100	1.00
500	1.05

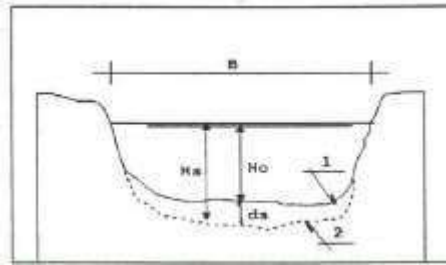
ETEN - MONSEFÚ

a. Información Básica

Qd = 1234.69 m <sup>3</sup> /s	
S% = 0.00345	Pendiente tramo
n = 0.040	Rugosidad

Periodo de retorno	
Tr = 1500 años	

Se recomienda un periodo de retorno de 500 años para el cálculo de socavación; Manual de Hidrología



(1) - Perfil antes de la erosión.  
(2) - Perfil después de la erosión

b. Sección estable o amplitud del cauce:

Según los metodos de Petits, Simons & Henderson, Blenchs, Altunin y Maza; se concluye una seccion estable de:

B = 150.00 m
0

c. Tirante de diseño "t"

$$t = \left[ \frac{Qd}{Ks * B * S^{0.5}} \right]^{3/5}$$

$$ks = \frac{1}{n}$$

Qd = 1235 m <sup>3</sup> /s
S% = 0.0035
n = 0.040

Tirante hifráulico de diseño

Ks = 25
t = 2.81 m

Coef de rugosidad

d. Velocidad y Ajustes

De la seccion propuesta para la descolmatación del río, de acuerdo al caudal de diseño, se obtuvieron los siguientes parametros:

$$Vm = Ks * Rh^{2/3} * S^{1/2}$$

- A = Area hidráulica
- P = Perimetro mojado
- Rh = Radio hidráulico
- Vm = Velocidad m/s

A = 452.1 m <sup>2</sup>
= 6
P = 160.5 m
= 6
d = 2.81 m

Tirante

Velocidad m/s

Rh = 2.8 m
2
Vm = 2.0 m/s
4

ESTIMACION DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION

TIPO DE CAUCE : 2 (ver cuadro adjunto)

CAUCE	TIPO
SUELO COHESIVO	1
SUELO NO COHESIVO	2

e. Cálculo de la socavación general en el cauce:

- Hs = profundidad de socavación (m)
- Qd = caudal de diseño
- Be = ancho efectivo de la superficie de agua
- Ho = tirante antes de la erosión
- Vm = velocidad media en la sección
- μ = coeficiente de contracción. Ver tabla N° 1
- γ<sub>s</sub> = peso específico del suelo del cauce
- Dm = diámetro medio
- x = exponente variable. Ver tabla N° 2
- Tr = Periodo de retorno del gasto de diseño
- β = coeficiente que depende de la frecuencia del caudal de diseño. Ver tabla N° 3

$$aa = \frac{0.0000}{5 * BB * \mu_3}$$

- Hm = profundidad media de la sección
- α =

Entonces,

$$Hs = 6.52 \text{ m}$$

ds = profundidad de socavación respecto al fondo del cauce

$$ds = 3.70 \text{ m}$$

Asumimos

$$ds = 3.70 \text{ m}$$

1234.6 m <sup>3</sup> /s (Tr = 500 años)
9
150.00 m
2.81 m
2.04 m/s
0.99
2.68 Tn/m
3
0.61 mm
0.41
150.00 año
s
1.00
2.81 m
1.48

## **ANEXO N° 4.4. – DIÁMETRO DE ROCA PARA UÑA**

**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR  
VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC

**TESIS** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBERENA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.

**CALCULO DEL DIAMETRO DE ROCA  
FORMULA DE MAYNORD  
Caudal : Q = 1000 m3/seg**

Sección Hidráulica	Altura Hidráulica (m)	Velocidad en el Centro del Cauce (m/s)	Coficiente C <sub>1</sub>	Coficiente por Ubicación de roca C <sub>2</sub>	F = C <sub>2</sub> V / (g y) <sup>0.5</sup>	d <sub>50</sub> = t C <sub>1</sub> F <sup>3</sup>
Rio Chancay	2.81	2.05	0.32	1.25	0.49	0.10

**D<sub>50</sub> = 0.10 m**

**CALCULO DEL DIAMETRO DE ROCA  
FÓRMULA DE LA CALIFORNIA DIVISIÓ OF HIGHWAYS**

**b** factor para condiciones de mucha turbulencia, piedras redondas, y sin que permita movimiento de piedra, se adopta un valor b=1.4

$d_{50} = \frac{b}{\Delta} * \frac{V^2}{2g} * \frac{1}{f}$

$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$

**f** = Factor detalud

$f = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \theta}{\text{sen}^2 \phi}}$

**θ** = Angulo del Talud


**φ** = Angulo de Friccion Interna del material.

**γ<sub>s</sub>** Densidad de la roca

**γ** Densidad del agua

**V** Velocidad media, m/s

**g** Aceleracion Gravedad : 9.81

Sección Hidráulica	γ <sub>s</sub> Tn/m <sup>3</sup>	γ Tn/m <sup>3</sup>	Velocidad Media (m/s)	φ (°)	Talud 	θ (°)	Δ	f	d <sub>50</sub> (m)
Rio Chancay	2.63	1.00	2.05	38.00 °	1.50	33.69 °	1.63	0.434	0.42

Porcentaje	Diámetro de la roca, m	
100	<=	D <sub>calculado</sub> = 0.42
50	>	D <sub>60</sub> = 0.25
80	>	D <sub>40</sub> = 0.17

**D<sub>50</sub> = 0.424 m**

Diámetro promedio: D<sub>50</sub> = 0.50 m

**CALCULO DEL DIAMETRO DE ROCA**

**FORMULADE R. A. LOPARDO**

$$W = \frac{0.011314 * \gamma_s * V^6}{(\frac{\gamma - \gamma_s}{\gamma}) * \text{SENO}^3(\phi - \theta)}$$

$\gamma_s$  Peso específico de las partículas, Kg/cm<sup>3</sup>, Tn/m<sup>3</sup>  
 $\gamma$  Peso específico del fluido, Kg/cm<sup>3</sup>, Tn/m<sup>3</sup>  
 $V$  Velocidad media, m/s  
 $\phi$  Angulo de reposo del material  
 $\theta$  Ángulo del talud respecto a la horizontal  
 $W$  Peso, Kg

$$D_s = \left( \frac{6 * W}{\pi * \lambda * \gamma_s} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$D_s$  = Diámetro de volumen esférico equivalente, ft  
 $W$  = Peso de roca, lb  
 $\gamma_s$  = Peso específico de la roca, lb / ft<sup>3</sup>

Sección Hidráulica	$\gamma_s$ Tn/m <sup>3</sup>	$\gamma$ Tn/m <sup>3</sup>	Velocidad Media (m/s)	$\phi$ (°)	Talud z 1	$\theta$ (°)	W (Peso)			$\gamma_s$ pcf	$D_s$ ft (Pies)	$D_s$ (m)
							KG	Tn	Lb			
Rio Chancay	2.68	1.00	2.05	4 5.00 °	1.50	3 3.69 °	177.59	0.178	391.52	167.307	1.647	0.502

Porcentaje	Diámetro de la roca, m	
100	<=	$D_{calculado} = 0.50$
50	>	$D_{50} = 0.3$
80	>	$D_{40} = 0.2$

$D_{calculado}$	=	0.50	m
-----------------	---	------	---

**ANEXO N° 5 – DISEÑO HIDRÁULICO DE  
ELEMENTOS PREFABRICADOS (TETRÁPODOS)**

**ANEXO N° 5.1. – MÉTODO DE CHOWAN Y TABLA  
DE RUGOSIDAD DE HORTON**



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL**

**DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD**

Tesis:	DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO,
Tesisistas:	ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC

**1. Determinación del Coeficiente de Rugosidad del Tramo en estudio del Río Chancay**

**Método de Cowan.-** El coeficiente de rugosidad esta dado por la siguiente ecuación:

$$n = n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4 * n_5$$

Donde:

- $n$  Coeficiente de rugosidad del cauce.
- $n_0$  Valor básico de  $n$  para un canal recto y uniforme de un material dado.
- $n_1$  Se determina para corregir el efecto por irregularidades de la superficie.
- $n_2$  Se considera las variaciones en la forma y tamaño de la sección transversal del canal.
- $n_3$  Se considera el efecto de obstrucción u obstáculos al flujo.
- $n_4$  Depende de la vegetación.
- $n_5$  Depende de la sinuosidad longitudinal del canal.

Condiciones del Canal			Valores	Coeficiente "n"	
Material	Tierra	$n_0$	0.02		$n=0.040$
Grado de Irregularidad	Menor	$n_1$	0.005		
Variaciones en la sección transversal del canal	Gradual	$n_2$	0.000		
Efecto Relativo de Obstáculos	Despreciable	$n_3$	0.000		
Vegetación	Media	$n_4$	0.015		
Grado de Sinuosidad	Menor	$n_5$	1.000		

Por tanto el coeficiente de rugosidad obtenido por medio de las condiciones de la ecuación de Cowan es la siguiente:

$$\mathbf{n = 0.040}$$

**Factores que afectan el coeficiente de rugosidad (Ecuación Cowan).**

Condiciones del Canal			Valores
Material	Tierra	$n_0$	0.02
	Roca		0.025
	Grava Fina		0.024
	Grava Gruesa		0.028
Grado de Irregularidad	Ligero	$n_1$	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones en la sección transversal del canal	Gradual	$n_2$	0.000
	Ocasional		0.005
	Frecuente		0.010 - 0.015
Efecto Relativo de Obstáculos	Despreciable	$n_3$	0.000
	Menor		0.010 - 0.015
	Apreciable		0.020 - 0.030
	Severo		0.040 - 0.006
Vegetación	Baja	$n_4$	0.005 - 0.010
	Media		0.010 - 0.025
	Alta		0.025 - 0.050
	Muy Alta		0.050 - 0.100
Grado de Sinuosidad	Menor	$n_5$	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL**

**TABLA DE RUGOSIDAD DE HORTON**

Tesis:	DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCA Y, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO,
Tesistas:	ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC

ANEXO N° 5.1. – Método de chowan y tabla de rugosidad de horton.

Superficie	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buenas	Medianas	Malas
Tubería hierro forjado negro comercial	0.012	0.013	0.014	0.015
Tubería hierro forjado galvanizado comercial	0.013	0.014	0.015	0.017
Tubería de latón o vidrio	0.009	0.010	0.011	0.013
Tubería acero remachado en espiral	0.013	0.015*	0.017*	
Tubería de barro vitrificado	0.010	0.013*	0.015	0.017
Tubos comunes de barro para drenaje	0.011	0.012*	0.014*	0.017
Tabique vidriado	0.011	0.012	0.013	0.015
Tabique con mortero de cemento; albañales de tabique	0.012	0.013	0.015*	0.017
Superficies de cemento pulido	0.010	0.011	0.012	0.013
Superficies aplanadas con mortero de cemento	0.011	0.012	0.013*	0.015
Tuberías de concreto	0.012	0.013	0.015*	0.016
Tuberías de duela	0.010	0.011	0.012	0.013
<i>Acueductos de tablón:</i>				
Labrado	0.010	0.012*	0.013	0.014
Sin labrar	0.011	0.013*	0.014	0.015
Con astillas	0.012	0.015*	0.016	0.018
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018
Superficie de mampostería con cemento	0.017	0.020	0.025	0.030
Superficie de mampostería en seco	0.025	0.030	0.033	0.035
Acueducto semicirculares metálicos, fijos	0.011	0.012	0.013	0.015
Acueducto semicirculares metálicos corrugados:	0.0225	0.025	0.0275	0.030
<i>Canales y zanjias:</i>				
En tierra, sinuezos y uniformes	0.017	0.020	0.0225	0.025*
En roca, lisos y uniformes	0.025	0.030	0.033*	0.035
En roca, con salientes y sinuosos	0.035	0.040	0.045	
Sinuosos y de escurrimiento lento	0.0225	0.025*	0.0275	0.030
Degradados en tierra	0.025	0.0275*	0.030	0.033
Con lecho pedregoso y bordos de tierra enhiervados	0.025	0.030	0.035*	0.040
Plantilla de tierra, taludes ásperos	0.028	0.030*	0.033*	0.035
<i>Corrientes naturales:</i>				
(1) Limpios, bordos rectos, llenos, sin hendiduras ni charcos profundos.	0.025	0.0275	0.030	0.033
(2) Igual al (1) pero con algo de hierba y piedra.	0.030	0.033	0.035	0.040
(3) Sinuoso, algunos charcos y escollos; limpio	0.033	0.035	0.040	0.045
(4) Igual al (3), de poco tirante, con pendiente y sección menos eficiente.	0.040	0.045	0.050	0.055
(5) Igual al (3), algo de hierba y piedras.	0.035	0.040	0.045	0.050
(6) Igual al (4), secciones pedregosas.	0.045	0.050	0.055	0.060
(7) Ríos con tramos lentos, cauce enhiervado o con charcos profundos.	0.050	0.060	0.070	0.080
(8) Playas muy enhiervadas.	0.075	0.100	0.125	0.150

**ANEXO N° 5.2. – TABLAS PARA DISEÑO DE  
ELEMENTO PREFABRICADO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL**

**CRITERIO DE COEFICIENTE KD (CONSTANTE DE ESTABILIDAD DE HUDSON)**

Tesis:	DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBERENA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCA Y, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO,
Tesistas:	ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC

Criterio de coeficiente KD (Constante de estabilidad de Hudson).

CRITERIO DE INICIACION DE AVERIAS SIN REBASE								
Tipo de castos	num. capas	Colo- cación	C. del dique		Morro del dique		Talud cotg(θ)	
			Kd Rota	Kd No Rota	Kd Rota	Kd No rota		
Especializ. Nat.								
Línea red.	2	Rand.	1.2	2.4	1.1	1.9	1.5 a 3.0	
Línea red.	>3	Rand.	1.6	3.2	1.4	2.3		
Buz. anq.	3	Rand.	2.0	4.0	1.9	3.2	1.5	
					1.6	2.8	2.0	
					1.3	2.3	3.0	
Buz. anq.	>3	Rand.	2.2	4.5	2.1	4.2		
Buz. anq.	2	Espc.	5.8	7.0	5.3	6.4		
Tetra-po. y Quadrip.	2	Rand.	7.0	8.0	5.0	6.0	1.5	
					4.5	5.5	2.0	
					3.5	4.0	3.0	

CRITERIO DE INICIACION DE AVERIAS SIN REBASE								
Tipo de castos	num. capas	Colo- cación	C. del dique		Morro del dique		Talud cotg(θ)	
			Kd Rota	Kd No Rota	Kd Rota	Kd No rota		
Tri-bar	2	Rand.	9.0	10.0	8.3	9.0	1.5	
					7.8	8.5	2.0	
					6.0	6.5	3.0	
Tri-bar	1	Unif.	12.0	15.0	7.5	9.5		
Doble	2	Rand.	15.8	31.8	8.0	16.0	2.0	
					7.0	14.0	3.0	
Cubo	2	Rand.	5.5	6.0	4.0	5.0	1.5	
							2.0	
							3.0	
Cub. Mod.	2	Rand.	6.5	7.5		5.0		

CRITERIO DE INICIACION DE AVERIAS SIN REBASE								
Tipo de castos	num. capas	Colo- cación	C. del dique		Morro del dique		Talud cotg(θ)	
			Kd Rota	Kd No Rota	Kd Rota	Kd No rota		
semip.	2	Rand.	8.0	9.5	5.0	7.0		
norm.	1	Rand.	10.0	12.0	7.0	9.0	1.33	
norm.	2	Rand.	7.0	8.5	5.0	6.5	2.0	
Normale	2	Rand.	11.0	22.0				

Fuente: V. Negro V. y O. Varela C., p.129

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO**  
**ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL**

**COEFICIENTE DE CAPA Y POROSIDAD SEGÚN EL ELEMENTO DEL MANTO**

Tesis:	DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCA Y, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO,
Tesistas:	ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC

Coefficientes de capa y porosidades según el elemento del manto.

UNIDAD DEL MANTO	NÚMERO DE PIEZAS	COLOCACIÓN	COEFICIENTE DE CAPA, $K_A$	POROSIDAD (P) (P)
Escalera lisa	2	Aleatoria	1,02	38
Escalera rugosa	2	Aleatoria	1,00	37
Escalera rugosa	> 2-3	Aleatoria	1,00	40
Esc. paralelepípeda	2	Especial	1,00	27
Cubo	2	Aleatoria	1,10	47
Esfera	2	Aleatoria	1,10	47
Cilindro	2	Aleatoria	1,10	44-49
Tetraedro	2	Aleatoria	1,04	50
Cilindro	2	Aleatoria	1,02	54
Cilindro	2	Aleatoria	0,94	56
Tetraedro	1	Especial	1,24-1,40	52
Cuadrípodo	2	Aleatoria	0,95	49
Hexápodo	2	Aleatoria	1,15	47
Cilindro	2	Aleatoria	1,03	52
Cubo-liso	1	Especial	1,60	66
Cilindro	1	Especial	1,13	47

Fuente: V. Negro V. y O. Varela C., p.171.

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL

DIMENSIONES CONSIDERADAS POR MAURICIO OSSA M.

Tesis:	DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO,
Tesistas:	ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC

Dimensiones consideradas por Mauricio Ossa M.

Peso nom. p.e. = 2,5 t	Peso para p.e. = 2,4 t	Vol. m <sup>3</sup>	H mm	B mm	d mm	r Rec. mm	r Min. mm	r <sub>1</sub> mm	r <sub>2</sub> mm	r <sub>3</sub> mm	h mm	b mm	c mm	e mm	f mm	g mm	i mm
0,25	0,24	0,1	710	850	775	120	65	170	105	80	315	340	25	465	155	440	220
0,5	0,48	0,2	900	1070	975	150	80	215	135	100	400	435	35	585	195	550	275
1	0,96	0,4	1130	1350	1230	190	105	270	170	125	500	545	45	740	245	700	350
2	1,92	0,8	1420	1700	1550	235	130	340	210	155	630	685	55	930	310	880	440
4	3,84	1,6	1790	2140	1950	300	165	425	265	195	795	865	70	1170	390	1100	550
8	7,68	3,2	2260	2700	2460	375	210	540	335	245	1005	1095	90	1475	490	1390	695
10	9,6	4	2430	2910	2650	405	225	580	360	265	1080	1175	95	1590	530	1500	750
12,5	12	5	2620	3130	2850	435	240	625	390	285	1165	1270	105	1710	570	1610	850
16	15,12	6,3	2830	3390	3085	470	260	675	420	310	1260	1370	110	1850	615	1740	870
20	19,2	8	3060	3685	3340	510	280	730	455	335	1365	1485	120	2000	665	1890	945
25	24	10	3300	3950	3595	550	305	785	490	360	1470	1600	130	2150	720	2030	1015
32	30	12,5	3550	4250	3870	590	325	845	530	390	1580	1720	140	2320	775	2190	1095
40	38,4	16	3860	4620	4025	645	355	920	575	420	1715	1870	155	2520	840	2380	1190
50	48	20	4155	4975	4530	695	380	990	620	455	1850	2015	165	2715	905	2560	1280

Fuente: M. Ossa M., p.4.

**ANEXO N° 5.3. DISEÑO HIDRAULICO DE CORAZA  
CON TETRAPODOS**



**DISEÑO HIDRÁULICO DE DEFENSA RIBEREÑA CON ELEMENTOS PRE-FABRICADOS (TETRÁPODOS)**

**AUTORES** : ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR / VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC  
**TÍTULO DE TESIS** : DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN - MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.  
**UBICACIÓN** : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL  
**FECHA DE DISEÑO** :

**1.00 ALTURA DEL TETRÁPODO ESCOGIDO**

Se diseñará con una altura de 1.50 m.

$$H = 0.2 \sqrt[3]{\frac{V}{8}}$$

$$V = \frac{W}{\gamma_r}$$

$H_r =$	1.50 m
$\gamma_r =$	2.40 Tn/m <sup>3</sup>
$V =$	0.95 m <sup>3</sup>
$W =$	2.27 Tn

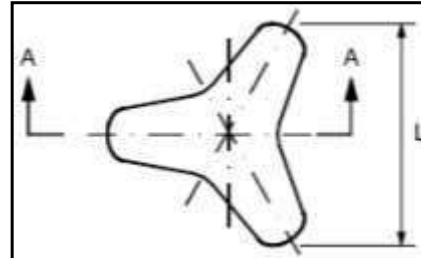
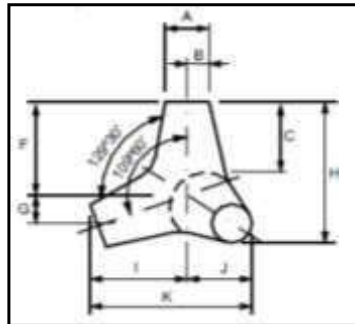
Donde:

W, Peso del elemento prefabricado en Tn.  
V, Volumen de elemento prefabricado en m<sup>3</sup>.  
 $\gamma_r$ , Peso específico del concreto en Tn/m<sup>3</sup>.  
H<sub>r</sub>, Altura deL tetrápodo en m.

VISTA DE FRENTE DEL TETRÁPODO



**DIMENSIONAMIENTO DEL TETRÁPODO**



Donde:

$A = 0.302 * H$	$G = 0.215 * H$
$B = 0.151 * H$	$I = 0.606 * H$
$C = 0.477 * H$	$J = 0.303 * H$
$D = 0.170 * H$	$K = 1.085 * H$
$E = 0.235 * H$	$L = 1.201 * H$
$F = 0.644 * H$	

**2.00 CÁLCULO DE DIMENSIONES DEL TETRÁPODO**

PESO (Tn)	H (m)	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	E (m)	F (m)	G (m)	I (m)	J (m)	K (m)	L (m)
2.268	1.50	0.45	0.23	0.72	0.71	0.35	0.97	0.32	0.91	0.45	1.63	1.80

**3.00 ELEMENTOS DE LA CORAZA**

Para obtener el número de elementos requeridos para cubrir cierta área, se utilizará la siguiente expresión:

$$\frac{N_a}{A} = n k_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100}\right) \left(\frac{\gamma_r}{W}\right)^2$$

Donde:

$N_a$ , Número de elementos por unidad de área.

A, Superficie de cálculo en  $m^2$ .

n, Número de capas (bicapa).

$K_{\Delta}$ , Coeficiente de capa (para tetrapodos es igual a 1.04).

P, Permeabilidad en %.

$\gamma_r$ , Peso específico del concreto en  $Tn/m^3$ .

W, Peso del elemento prefabricado en Tn.

El total de elementos para un margen:

PESO (Tn)	n	$K_{\Delta}$	P	$\gamma_r$	A	$N_a$
2.268	2.00	1.04	50.00	2.40	10100.00	10908

#### 4.00 ALTURA DE OLA

Con las características del tetrápodo podremos determinar hasta que altura de ola podría resistir con respecto a su impacto.

$$W = \frac{1}{K_D \cot \theta} \frac{H^3 \gamma_r}{\left(\frac{r}{\gamma_w} - 1\right)^3}$$

Donde:

W, Peso del elemento prefabricado en Tn.

$K_D$ , Constante de estabilidad de Hudson.

$\cot(\theta)$ , Talud en m/m.

H, Altura de ola incidente en m.

$\gamma_r$ , Peso específico del concreto en Tn/m<sup>3</sup>.

$\gamma_w$ , Peso específico del agua en Tn/m<sup>3</sup>.

Por recomendaciones según los autores Negro V. Valdecanos y Varela O. Carnero usar entre 6 y 8:

El talud recomendado según los autores Negro V. Valdecanos y Varela O. Carnero es de:

La altura de ola u onda sería la siguiente:

KD = 7
Tal = 1.50

PESO (Tn)	KD	cot(θ)	$\gamma_r$	$\gamma_w$	H
2.268	7.00	1.50	2.40	1.00	3.01

## **ANEXO N° 6 – CÁLCULO ESTRUCTURAL**

**ANEXO N° 6.1 DISEÑO DE DIQUE ESTABILIDAD  
DE TALUD**

# **TESIS: DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.**

Tesis: DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.

Tesistas: ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR  
VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC

## **DISEÑO DE DIQUE ESTABILIDAD DE TALUD**

### **1. ANCHO DE CORONA**

Considerando que el ancho de la corona está asociado al peso de la estructura, se ha considerado en su determinación los siguientes criterios:

El costo del dique sea compatible con el beneficio a obtener (costo de la obra frente a la infraestructura existente y terrenos de cultivo a proteger

Sea proporcional y compatible con el caudal de diseño adoptado.

Favorezca estructuralmente a la estabilidad del dique

Contribuya, a través de su peso específico, a soportar la fuerza de los grandes volúmenes de agua que ocurren y discurren en épocas de avenidas (eventos máximos); sobre todo, durante el fenómeno El niño.

Sirva de acceso hacia cualquier punto del proyecto u obra.  
Guarde armonía con el paisaje natural existente o presente.

Se ha tomado en cuenta los valores recomendados por el Instituto para la mitigación de los efectos del fenómeno del niño, de acuerdo al caudal de diseño, mediante la tabla siguiente:

<b>Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Ancho de corona</b>
Menos de 500	3.00 m
Entre 500 y 2000	4.00 m

Fuente: Instituto para la mitigación de los efectos del fenómeno del niño

Considerando los criterios anteriores se adoptó un ancho de corona de 4 m, en toda la longitud del dique.

### **2. ALTURA DEL DIQUE**

La altura total del dique  $H_m$  es la suma del tirante y el borde libre.

El borde libre se obtiene a partir de la siguiente tabla:

v 2.73

Borde Libre (BL) = $\zeta e$					
Caudal máximo m <sup>3</sup> /s		$\zeta$	$\zeta$	$e = \frac{V^2}{2g}$	BL
3000	4000	2	1.4	0.38	0.53
2000	3000	1.7			
1000	2000	1.4			
500	1000	1.2			
100	500	1.1			

El tirante se calculó anteriormente obteniéndose un  $t = 2.93$  m; con lo cual, la altura vertical del dique alcanza los 3.46. m.

Se adoptará, una altura práctica de 4 m, para evitar inundación, según el programa Hec-Ras

#### TALUDES DEL RELLENO DE AFIRMADO

Suelo	A.Arriba cara mojada	A.Abajo cara seca
GW	1V:1.50H	1V:1H

#### FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

La estabilidad del dique está en función a la fuerza que se opone al deslizamiento y a la presión del agua. Se ha considerado la siguiente fórmula:

$$FS = \frac{\text{tg}\Phi}{\text{tg}\theta} \geq 1.5$$

$$\text{tg } \Phi = 56.31^\circ$$

$$\text{tg } \theta = 33.69^\circ$$

$$FS = 2.25$$

CORRECTO

#### ESTABILIDAD DE TALUD DEL DIQUE

##### Estabilidad al deslizamiento horizontal

$$FSD = \left( \frac{\sum FV}{\sum FH} \right) \geq 2.0$$

Donde:

FSD = Factor de seguridad al deslizamiento

$\sum FV$  = Sumatoria de fuerzas verticales

$\sum FH$  = Sumatoria de fuerzas horizontales

##### Determinación de las fuerzas debido al empuje del agua:

Esfuerzo horizontal

$$Eh = \left( \frac{Y^2}{2} \right) \times \delta w \times 1$$

$$Y = 2.93 \text{ m}$$

$$\delta w = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$Eh = 4292.45 \text{ Kg}$$

Esfuerzo vertical

$$E_v = \frac{\gamma^2 \cdot \left(\frac{1}{3}\right) \cdot b}{2} x \delta w x 1$$

**Y** = 2.93 m  
**b** = 4.40 m  
**δw** = 1000 Kg/m<sup>3</sup>                      **E<sub>v</sub>** = 6288.44 Kg

**Determinación de las fuerzas debido al peso del dique**

$$E_h = \frac{B+b}{2} \cdot H \cdot \delta t \cdot 1$$

**B** = 18.00 m  
**b** = 4.00 m  
**H** = 5.60 m  
**δt** = 1800 Kg/m<sup>3</sup>                      **E<sub>h</sub>** = 110880.00 Kg

$$FSD = \left( \frac{\sum FV}{\sum FH} \right) \geq 2.0$$

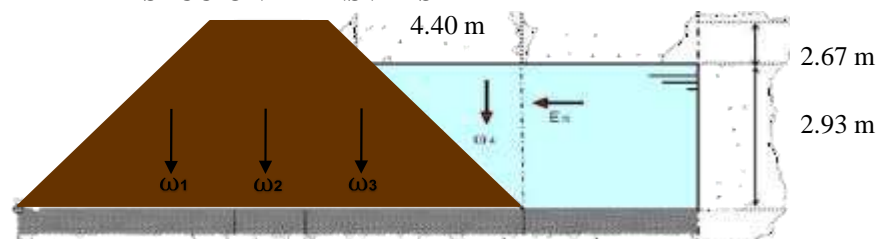
**Momentos resistentes**

$$FSV = \left( \frac{\sum MR}{\sum MA} \right) \geq 1.5$$

Dónde:

- FSV = Factor de seguridad al volteo
- ∑ MR = Sumatoria de momentos originados por fuerzas verticales (momentos resistentes).
- ∑ MA = Sumatoria de momentos originados por fuerzas horizontales (momentos actuantes).

**SECCION TRANSVERSAL**



5.60 m	4.00 m	8.40 m	$\omega$
<b>W1</b> =	28224.00 Kg	<b>DW1</b> =	3.73
<b>W2</b> =	40320.00 Kg	<b>DW2</b> =	7.6
<b>W3</b> =	42336.00 Kg	<b>DW3</b> =	12.40
<b>W4</b> =	6438.68 Kg	<b>DW4</b> =	16.54

**M1** = 105369.60 Kg.m  
**M2** = 306432.00 Kg.m  
**M3** = 524966.40 Kg.m  
**M4** = 106463.49 Kg.m



### Momentos actuantes

$$\begin{aligned} \mathbf{Eh} &= 4292.45 \text{ Kg} \\ \mathbf{Deh} &= 0.98 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\mathbf{Mh} = 4192.29 \text{ Kg.m}$$

**Luego:**

$$\mathbf{FSV} = \frac{\sum MR}{\sum MA} \geq 1.5$$

$$\mathbf{FSV} = 248.85 \text{ Kg.m} \quad \mathbf{CORRECTO}$$

## **ANEXO N° 6.2 FILTRO DE DIQUE**

**TESIS: DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.  
CÁLCULO PARA DISEÑO DE FILTRO**

Tesis: DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN-MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.

Tesistas: ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR  
VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC

1.- Cálculo de velocidad entre el espacio del tetrápodo y el material base:

Dado por la expresión:

$$V_a = \frac{\left(\frac{D_{50}}{2}\right)^{2/3} \times S^{1/2}}{nf}$$

Donde:

$V_a$ :	Diámetro medio del tetrápodo (asumido)	$d_{50} = 0.50 \text{ m}$
$S$ :	Pendiente del tramo en estudio	$S = 0.00300 \text{ m/m}$
$nf$ :	Es una condición y se considera que solo hay filtro de geotextil.	$nf = 0.02$

*Reemplazando se obtiene:*

$$V_a = 0.99 \text{ m/s}$$

2.- Cálculo de velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado Dado por la expresión:

$$V_e = 16.10 \times (D_m)^{0.5}$$

Donde:

$D_{50}$ :	Diámetro medio del suelo del cauce	$d_{50} = 0.00061 \text{ m}$
------------	------------------------------------	------------------------------

*Reemplazando se obtiene:*

$$V_e = 0.40 \text{ m/s}$$

Entonces como  $V_a > V_e$ , significa que habrá erosión.

Para la presente propuesta de defensa ribereña, recomendamos el uso de una capa de material granular (gravo arenoso) como filtro, comprendido entre diámetros (0.05 - 0.15) m.

**Fuentes:**

M. Das (2012)  
Zeballos (2015)  
Maldonado (2016)  
Córdova (2017)

**ANEXO N° 6.3 DISEÑO DE CONCRETO  $f'_c$  280  
kg/cm<sup>2</sup>**

**AUTORES** ALVÍTEZ VÁSQUEZ, FLAVIO CÉSAR / VELA LLANOS, JERÓNIMO MELQUISEDEC

**TÍTULO DE TESIS** DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL, CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO SIMPLE (TETRÁPODOS), PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHANCAY, TRAMO PUENTE ETEN - MONSEFÚ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.

**UBICACIÓN** KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL

**DISEÑO DE MEZCLA FINAL**       $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

**CEMENTO**

- 1.- Tipo de cemento : Tipo I - Mochica
- 2.- Peso específico : 3150 Kg/m<sup>3</sup>

**AGREGADOS :**

Agregado fino :  
0

- 1.- Peso específico de masa 2.565 gr/cm<sup>3</sup>
- 2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.583 gr/cm<sup>3</sup>
- 3.- Peso unitario suelto 1460 Kg/m<sup>3</sup>
- 4.- Peso unitario compactado 1611 Kg/m<sup>3</sup>
- 5.- % de absorción 0.7 %
- 6.- Contenido de humedad 0.2 %
- 7.- Módulo de fineza 2.82

Agregado grueso :  
:

- 1.- Peso específico de masa 2.687 gr/cm<sup>3</sup>
- 2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.725 gr/cm<sup>3</sup>
- 3.- Peso unitario suelto 1370 Kg/m<sup>3</sup>
- 4.- Peso unitario compactado 1476 Kg/m<sup>3</sup>
- 5.- % de absorción 1.4 %
- 6.- Contenido de humedad 0.4 %
- 7.- Tamaño máximo 1" Pulg.
- 8.- Tamaño máximo nominal 3/4" Pulg.

**Granulometría :**

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	1.6	98.4
Nº 04	6.2	92.2
Nº 08	8.6	83.6
Nº 16	12.4	71.2
Nº 30	22.6	48.6
Nº 50	30.6	18.0
Nº 100	12.2	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	0.4	99.6
3/4"	33.0	66.6
1/2"	44.2	22.3
3/8"	12.8	9.6
Nº 04	9.2	0.3
Fondo	0.3	0.0

DISEÑO DE MEZCLA FINAL  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	3 1/2 Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2457 Kg/m <sup>3</sup>
Resistencia promedio a los 7 días	:	160 Kg/cm <sup>2</sup>
Porcentaje promedio a los 7 días	:	57 %
Factor cemento por M <sup>3</sup> de concreto	:	13.3 bolsas/m <sup>3</sup>
Relación agua cemento de diseño	:	0.573

Cantidad de materiales por metro cúbico :

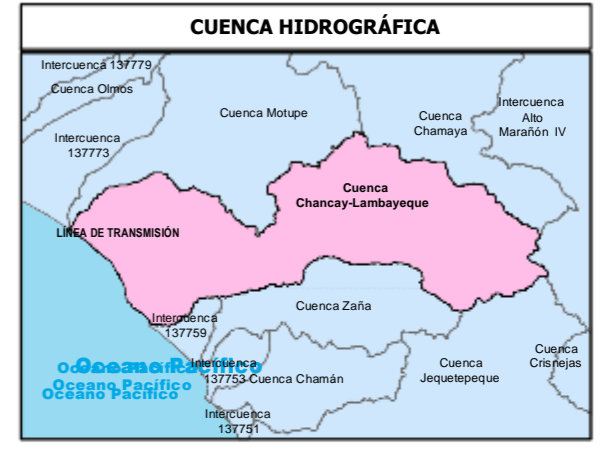
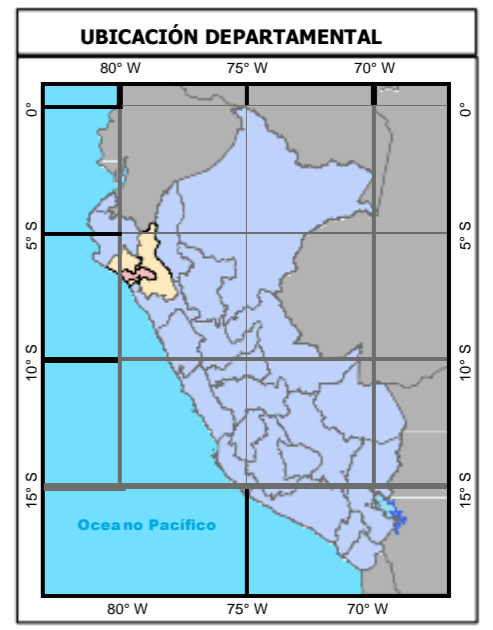
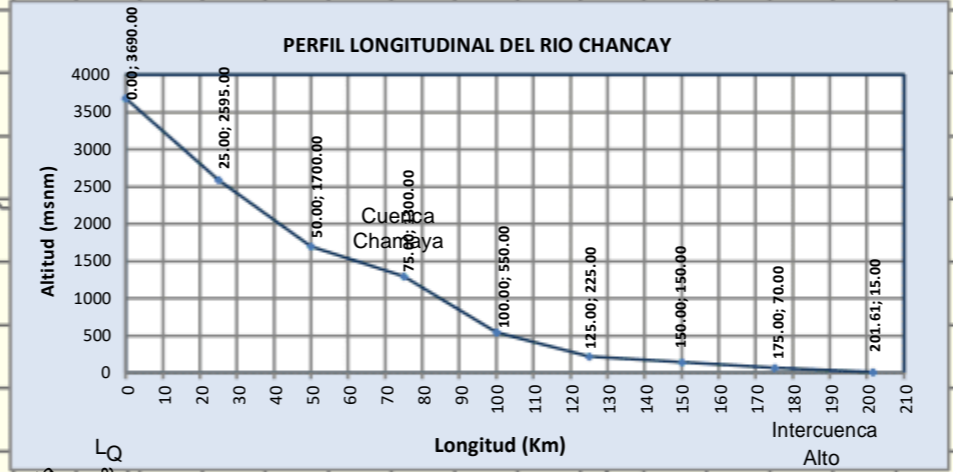
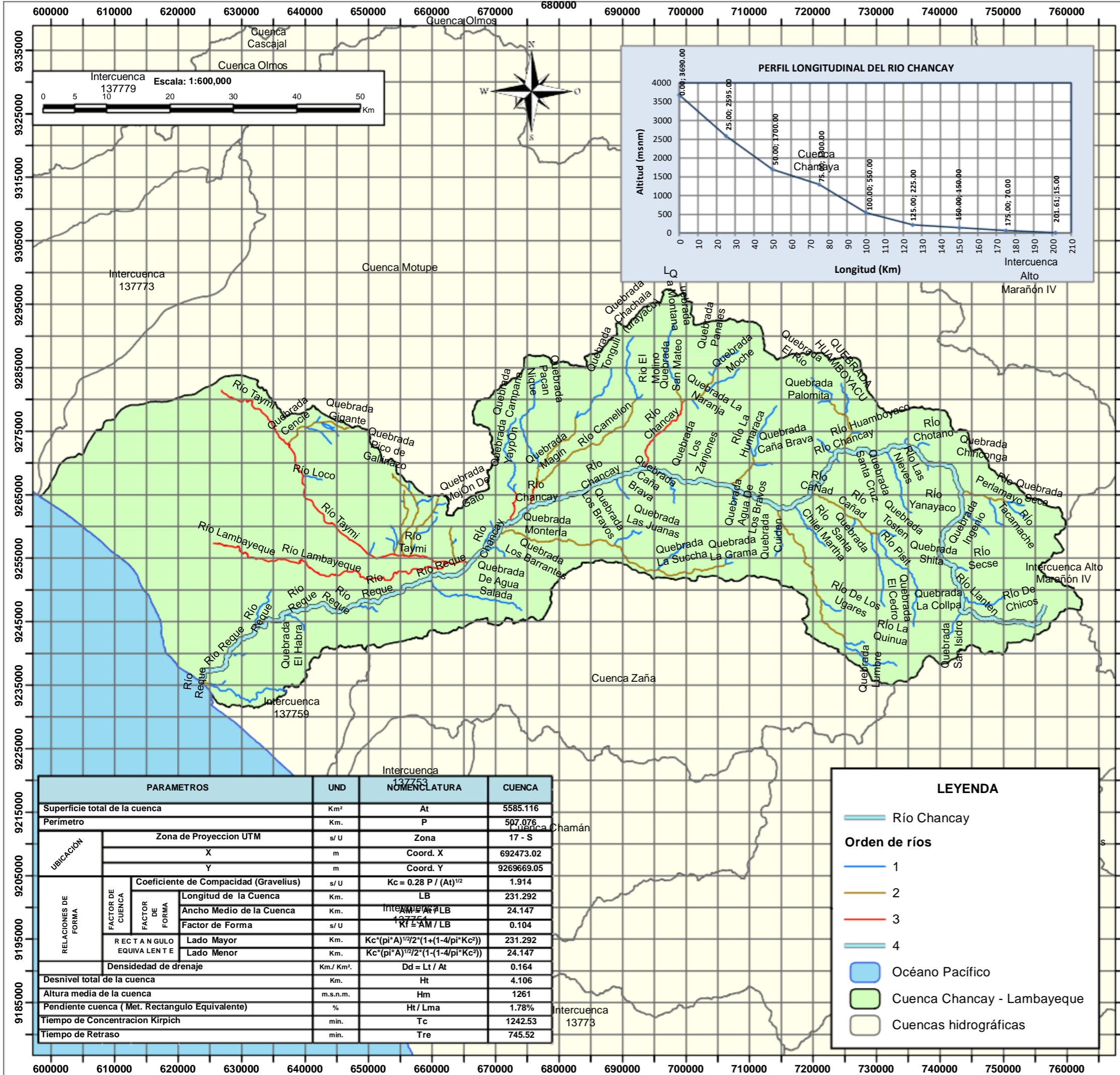
Cemento	567 Kg/m <sup>3</sup>	:	Tipo I - Mochica
Agua	325 L	:	Potable de la zona.
Agregado fino	590 Kg/m <sup>3</sup>	:	0
Agregado grueso	975 Kg/m <sup>3</sup>	:	

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
	1.0	1.04	1.72	24.3	Lts/pie <sup>3</sup>
Proporción en volumen :	1.0	1.07	1.89	24.3	Lts/pie <sup>3</sup>

## **ANEXO N° 7 – PLANOS**







PARAMETROS		UND	NOMENCLATURA	CUENCA	
Superficie total de la cuenca		Km <sup>2</sup>	At	5585.116	
Perímetro		Km.	P	507.076	
UBICACIÓN	Zona de Proyeccion UTM		s/U	Zona	
	X	m	Coord. X	692473.02	
	Y	m	Coord. Y	9269669.05	
RELACIONES DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	Coeficiente de Compacidad (Gravelius)		$Kc = 0.28 P / (At)^{1/2}$	1.914
		Longitud de la Cuenca		LB	231.292
	FACTOR DE FORMA	Ancho Medio de la Cuenca		$LMA = \frac{At}{LB}$	24.147
		Factor de Forma		$FF = \frac{At}{LMA \cdot LB}$	0.104
	RECTANGULO EQUIVALENTE	Lado Mayor		$Kc \cdot (\pi \cdot A)^{1/2} \cdot (1 + 1/4 \cdot \pi \cdot Kc^2)$	231.292
		Lado Menor		$Kc \cdot (\pi \cdot A)^{1/2} \cdot (1 - 1/4 \cdot \pi \cdot Kc^2)$	24.147
	Densidad de drenaje		Km./ Km <sup>2</sup> .	Dd = Lt / At	0.164
Desnivel total de la cuenca		Km.	Ht	4.106	
Altura media de la cuenca		m.s.n.m.	Hm	1261	
Pendiente cuenca ( Met. Rectangulo Equivalente)		%	Ht / Lma	1.78%	
Tiempo de Concentracion Kirpich		min.	Tc	1242.53	
Tiempo de Retraso		min.	Tre	745.52	

**LEYENDA**

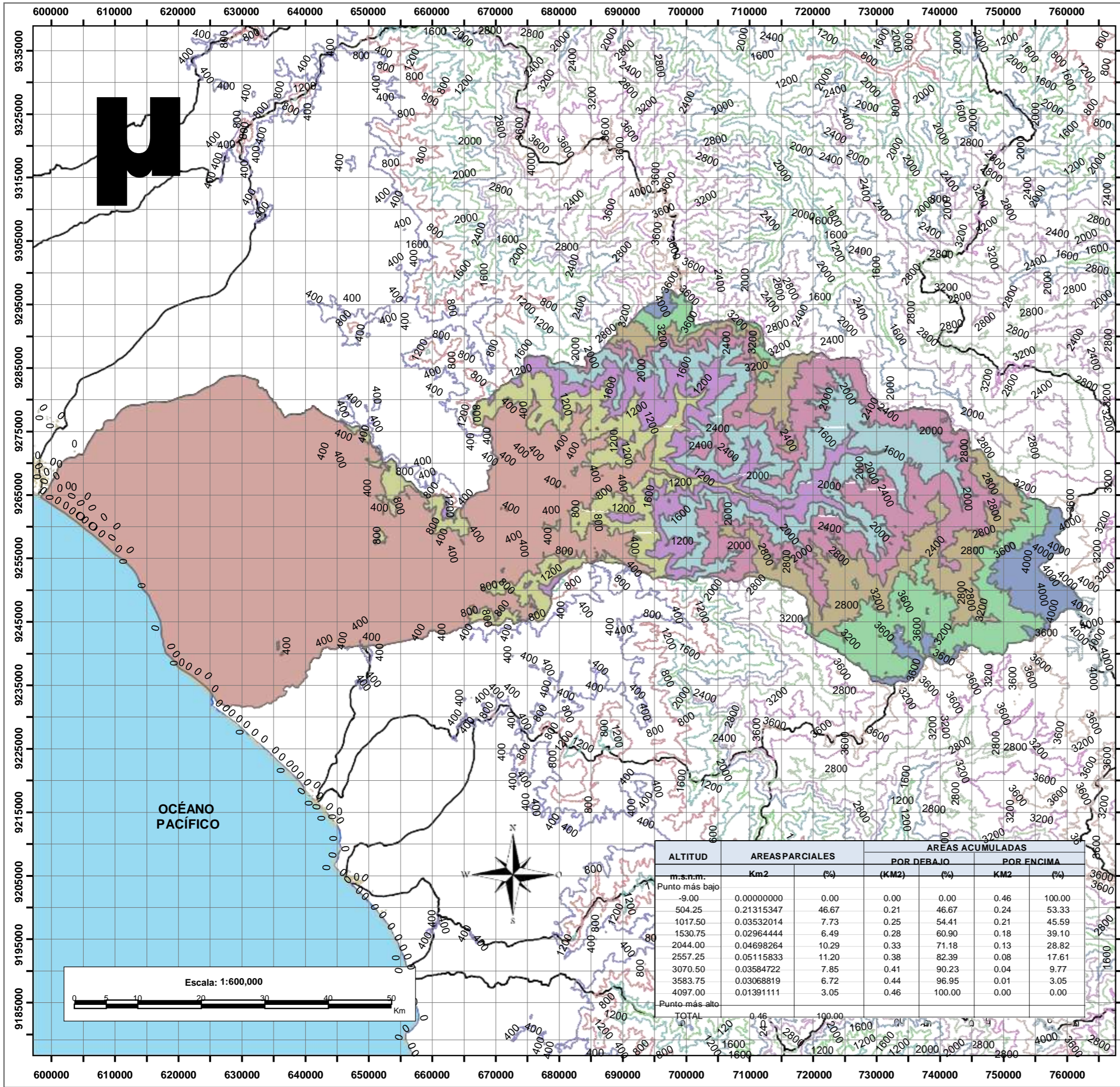
- Río Chancay
- Orden de ríos**
- 1
- 2
- 3
- 4
- Océano Pacífico
- Cuenca Chancay - Lambayeque
- Cuencas hidrográficas

**UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN**

Título: **Orden de ríos.** Mapa N°: **M-02**

Autores: Bach. Alvítez Vásquez, Flavio César. Bach. Vela Llanos, Jerónimo Melquisedec.

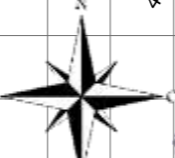
Escala: 1/600000 Fecha: Agosto de 2020 Sistema de coordenadas: WGS-84, Zona 17S



**M**

**OCEANO PACIFICO**

Escala: 1:600,000



ALTITUD m.s.n.m.	AREAS PARCIALES		AREAS ACUMULADAS			
	Km <sup>2</sup>	(%)	POR DEBAJO		POR ENCIMA	
			(KM <sup>2</sup> )	(%)	KM <sup>2</sup>	(%)
Punto más bajo						
-9.00	0.00000000	0.00	0.00	0.00	0.46	100.00
504.25	0.21315347	46.67	0.21	46.67	0.24	53.33
1017.50	0.03532014	7.73	0.25	54.41	0.21	45.59
1530.75	0.02964444	6.49	0.28	60.90	0.18	39.10
2044.00	0.04698264	10.29	0.33	71.18	0.13	28.82
2557.25	0.05115833	11.20	0.38	82.39	0.08	17.61
3070.50	0.03584722	7.85	0.41	90.23	0.04	9.77
3583.75	0.03068819	6.72	0.44	96.95	0.01	3.05
4097.00	0.01391111	3.05	0.46	100.00	0.00	0.00
Punto más alto						
TOTAL	0.46	100.00				

**LEYENDA**

**Intervalos de Cotas**

- 9.00 - 504.25
- 504.25 - 1017.50
- 1017.50 - 1530.75
- 1530.75 - 2044.00
- 2044.00 - 2557.25
- 2557.25 - 3070.50
- 3070.50 - 3583.75
- 3583.75 - 4097.00

**Curvas de Nivel**

- 0
- 400
- 800
- 1200
- 1600
- 2000
- 2400
- 2800
- 3200
- 3600
- 4000
- 4400
- 4800
- 5200

Océano Pacífico

Cuencas hidrográficas

<b>UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN</b>		
Título: Curvas de nivel e intervalos de cotas.		Mapa N°: <b>M-03</b>
Autores: Bach. Alvítez Vásquez, Flavio César. Bach. Vela Llanos, Jerónimo Melquisedec.		
Escala: 1/600000	Fecha: Agosto de 2020	Sistema de coordenadas: WGS-84, Zona 17S





**LEYENDA**

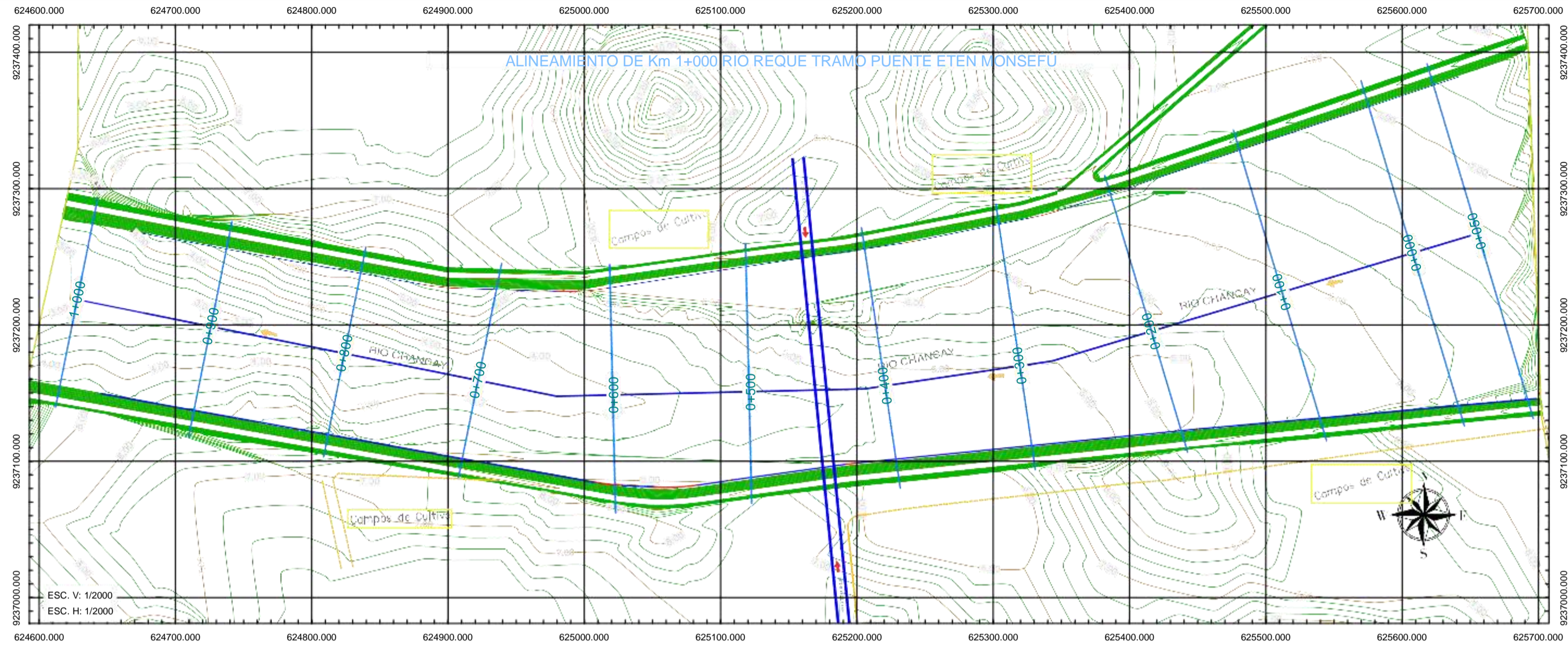
- ! Estaciones Meteorológicas
- POLIGTHIDEL
- Océano Pacífico
- Cuencas hidrográficas

ESTACION	X	Y	Z
CAYALTI	660541.00	9239184.90	90.00
CHANCAY BAÑOS	735827.60	9272730.20	1677.00
CHOTANO LAJAS	748987.50	9274362.70	2163.40
CHUGUR	750166.70	9262056.40	2757.00
COCHABAMBA	733515.60	9285451.50	1653.00
CUTERVO	742790.90	9294312.10	2668.00
JAYANCA (LA VIÑA)	636193.90	9299978.90	78.00
LAMBAYEQUE	620484.30	9255795.30	18.00
LLAMA	707602.00	9279542.60	2096.00
PUCHACA	669278.90	9295244.30	336.00
QUEROCOTILLO	717180.00	9306138.10	1970.00
REQUE	628659.80	9238682.20	13.00
TOCMOCHE	681843.60	9291396.50	1435.00
SIPAN	654708.80	9247980.50	87.00
OYOTUN	685568.80	9240966.50	187.00
TINAJONES	673786.20	9264120.70	182.00
HUAMBOS	725270.20	9286194.60	2263.00
QUILCATE	749333.40	9245262.40	3082.00
SANTA CRUZ	726908.10	9266326.00	2002.00
UDIMA	710665.40	9246314.50	2466.00
CUEVA BLANCA	676552.80	9322018.60	3300.00
FERREÑAFE	633511.70	9266744.80	24.00
CHOTA	760025.10	9275705.50	2468.00
EL ESPINAL	698736.80	9246059.50	371.00

**POLIGONO DETHIESSEN**

ESTACION	AREA (Km2)
FERREÑAFE	700.15
TINAJONES	888.99
SANTA CRUZ	667.56
HUAMBOS	122.48
SIPAN	518.47
REQUE	341.54
LAMBAYEQUE	567.17
LLAMA	897.58
QUILCATE	427.16
CHUGUR	261.04
CHANCAYBAÑOS	192.98

<b>UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN</b>			<b>Mapa N°:</b> <b>M-05</b>
Título: Estaciones meteorológicas en la cuenca y Polígono de Thiessen.			
Autores: Bach. Alvítez Vásquez, Flavio César. Bach. Vela Llanos, Jerónimo Melquisedec.			
Escala: 1/600000	Fecha: Agosto de 2020	Sistema de coordenadas: WGS-84, Zona 17S	



**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS  
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS**

- Este proyecto se ha realizado con el propósito de dar una propuesta como método de prevención del fenómeno de "El Niño Costero".
- El caudal de diseño se obtuvo por medio de datos hidrométricos, donde se obtuvo un caudal de 1234.685 m<sup>3</sup>/s y pluviométricos, de cual se obtuvo un caudal de 1460.00 m<sup>3</sup>/s; se optó por usar el pluviométrico.
- Al realizar el modelamiento en el software HEC-RAS, con la topografía original, hubo desbordamientos de río, por lo cual tuvimos que aumentar la altura de los diques, teniendo en cuenta un factor de 30 cm como mínimo como producción.
- En el modelamiento se tenía en cuenta la rugosidad de la zona de estudio, teniendo en cuenta por su tipo de suelo una rugosidad de 0.040 y de los puentes de la defensa, que para este proyecto se usó el elemento parametrizado, por su geometría y los materiales que lo componen su rugosidad es de 0.05.

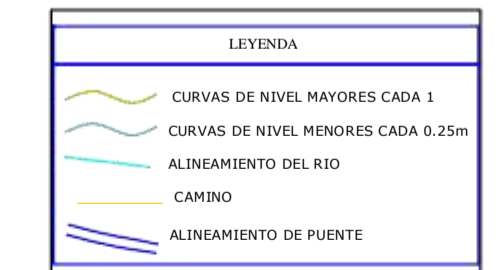
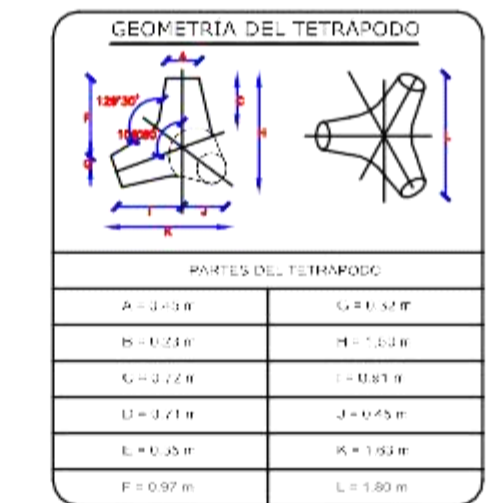
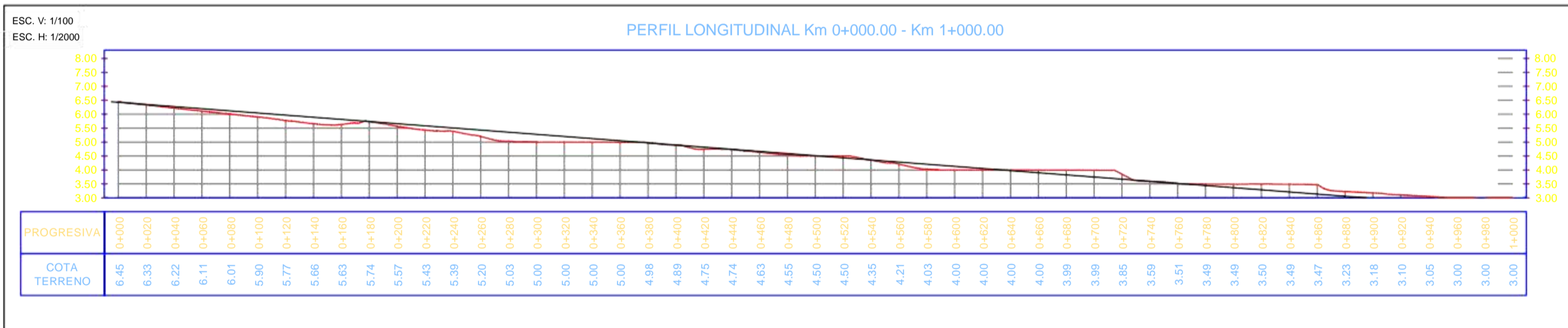
**COMPONENTES ESTRUCTURALES**

**DIQUE:**  
Material: Grava bien graduada con presencia de arcilla y arena - GW  
Cantera: La Victoria - Pítopa - Lambayeque

**FILTRO:**  
Material: Grava  
Cantera: La Victoria - Pítopa - Lambayeque

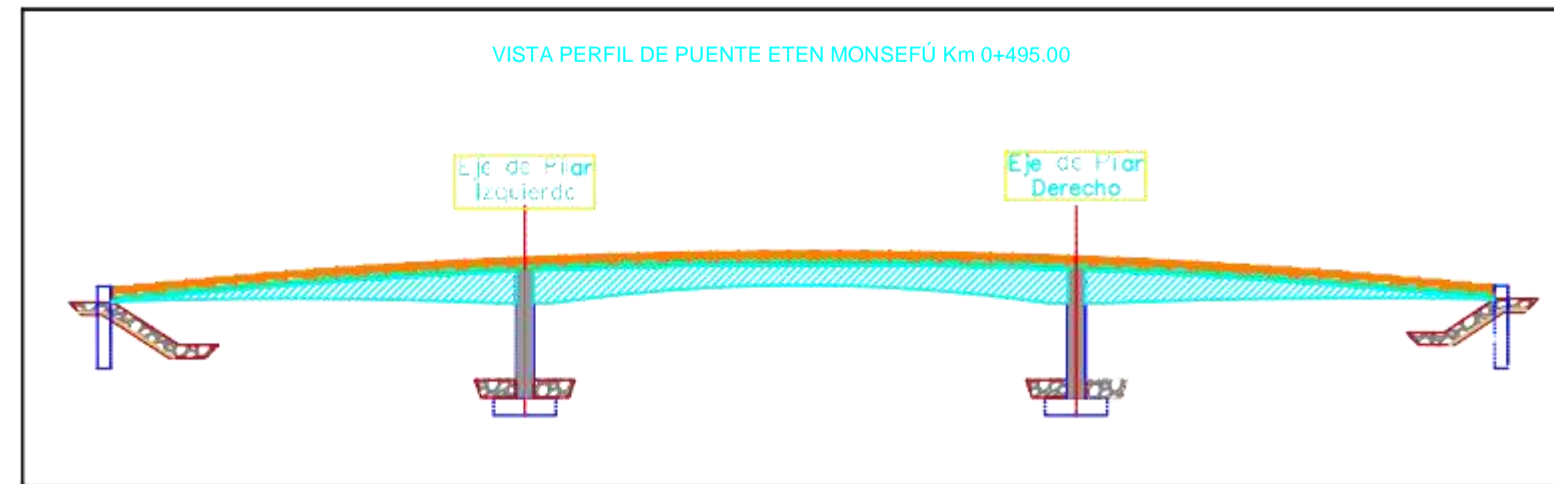
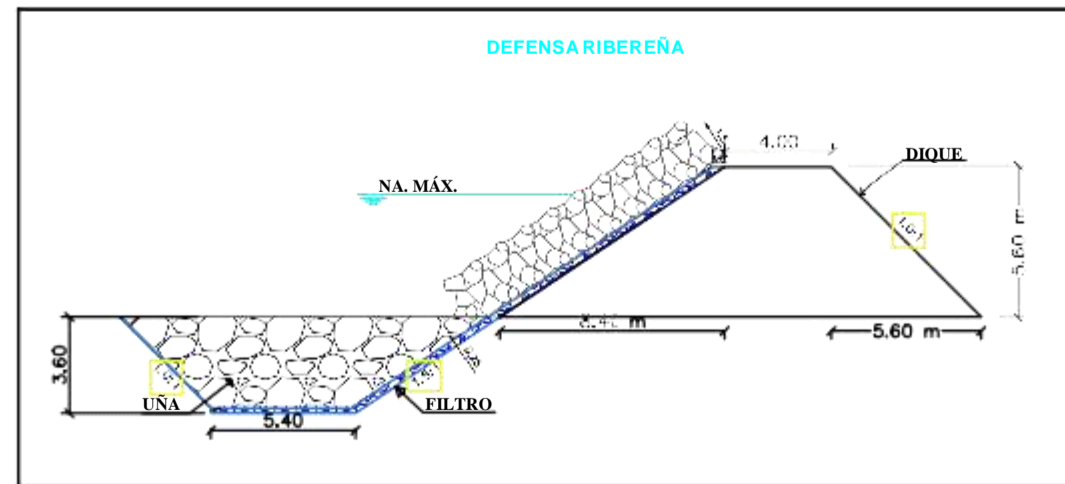
**UNA:**  
Material: Roca Tonallita  
Cantera: R21 - Pítopa - Lambayeque

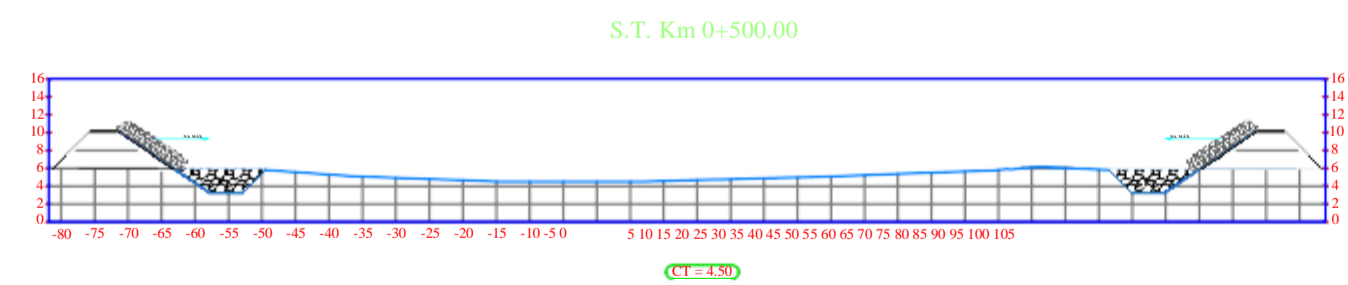
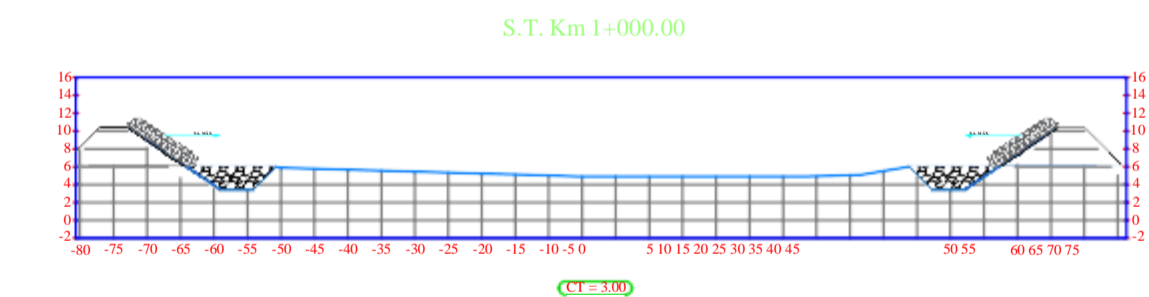
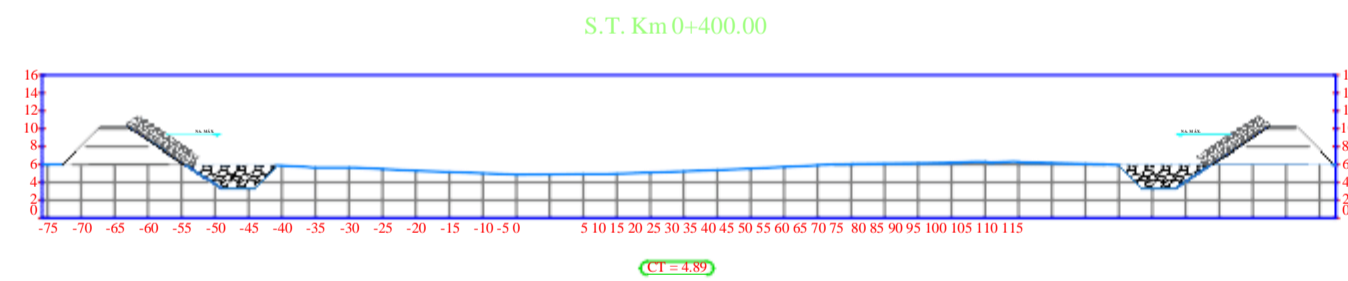
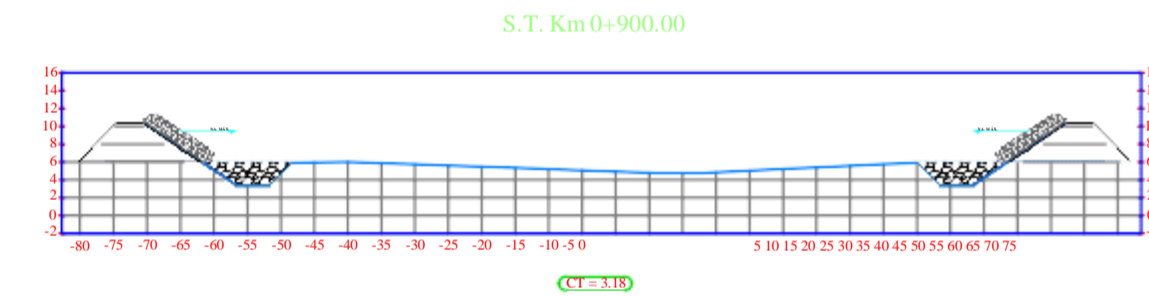
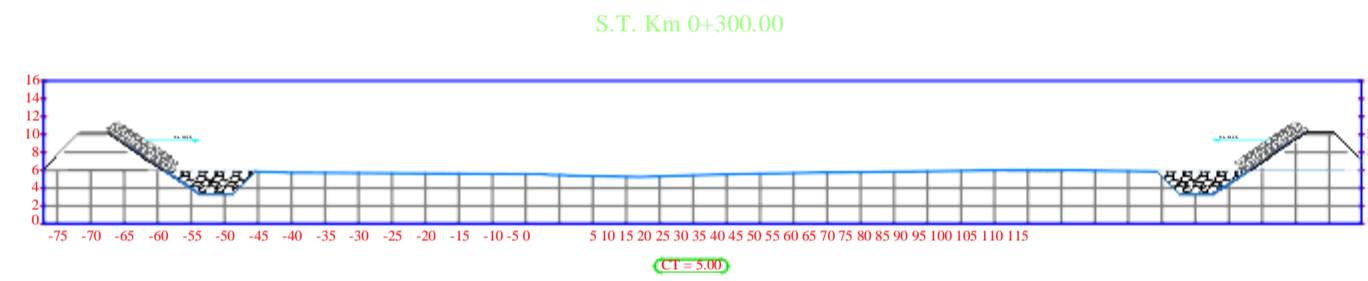
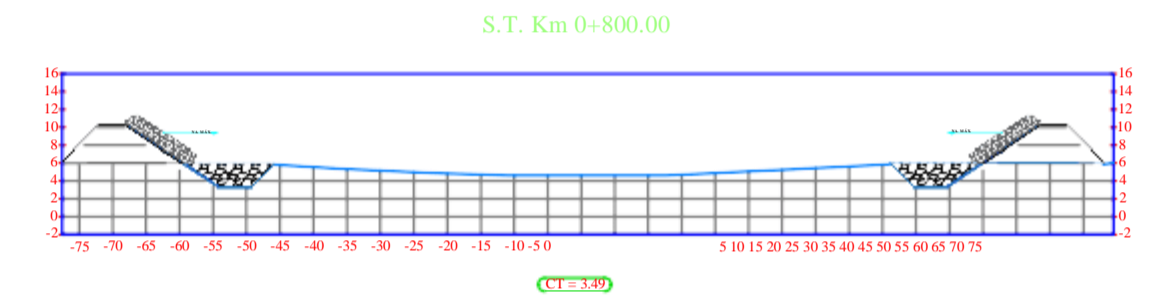
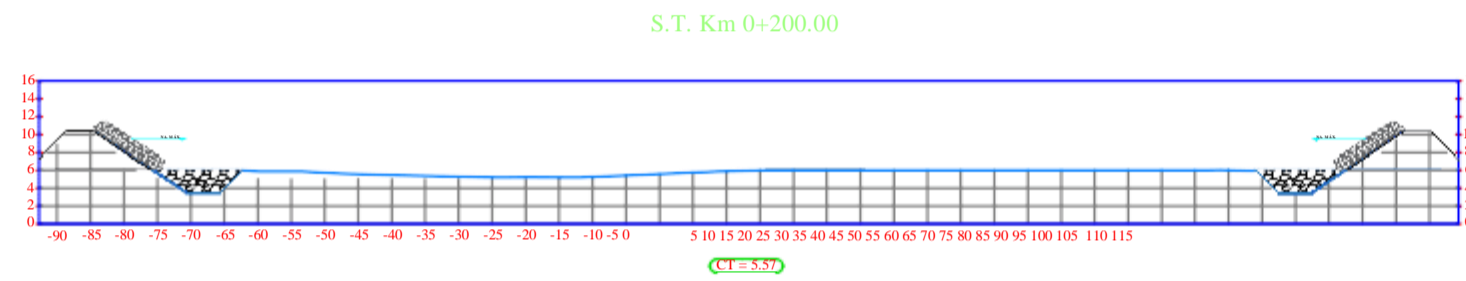
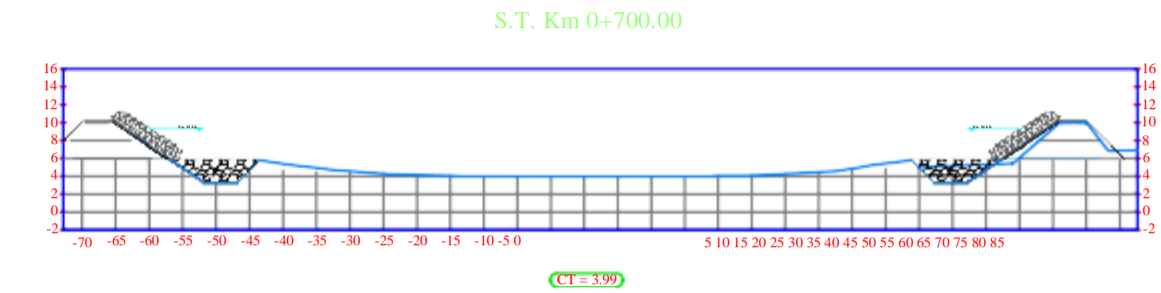
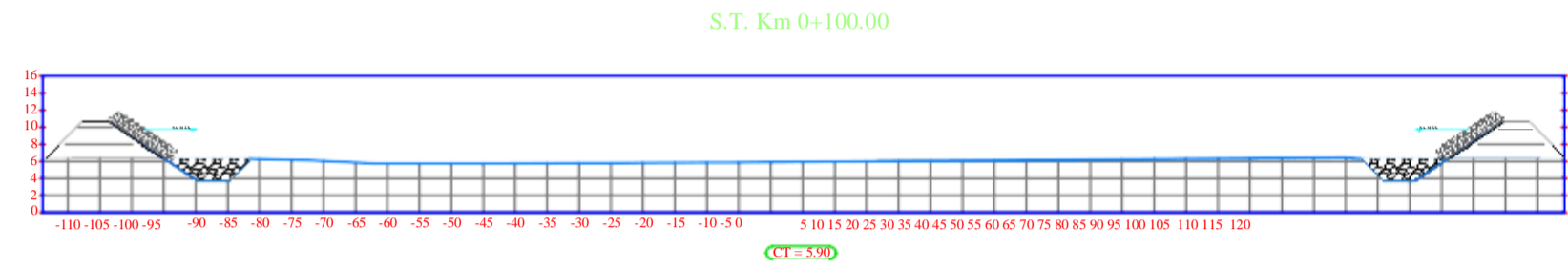
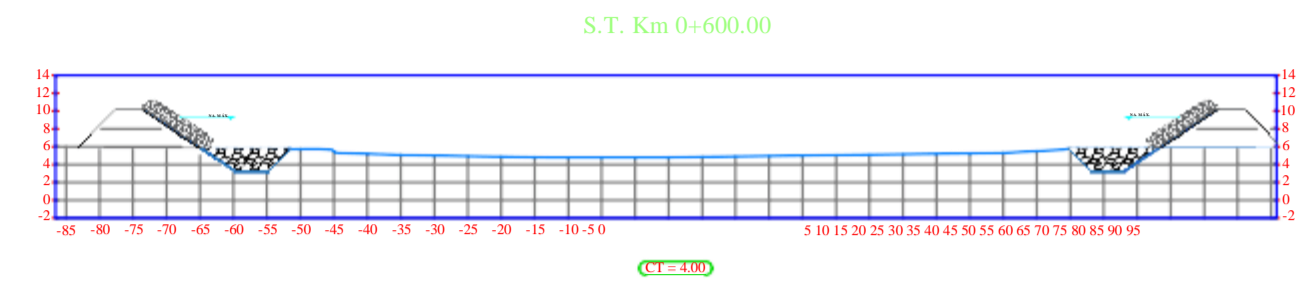
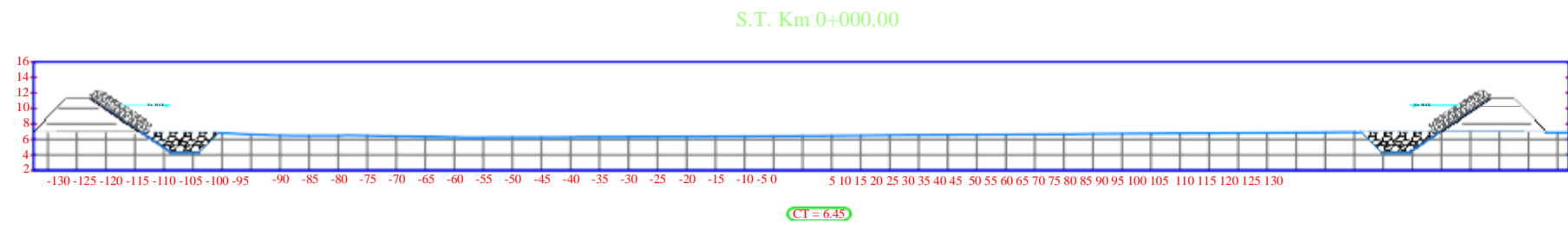
**PROTECCION:**  
Material: Concreto SIMOL  
Cantera: La Victoria - Pítopa - Lambayeque

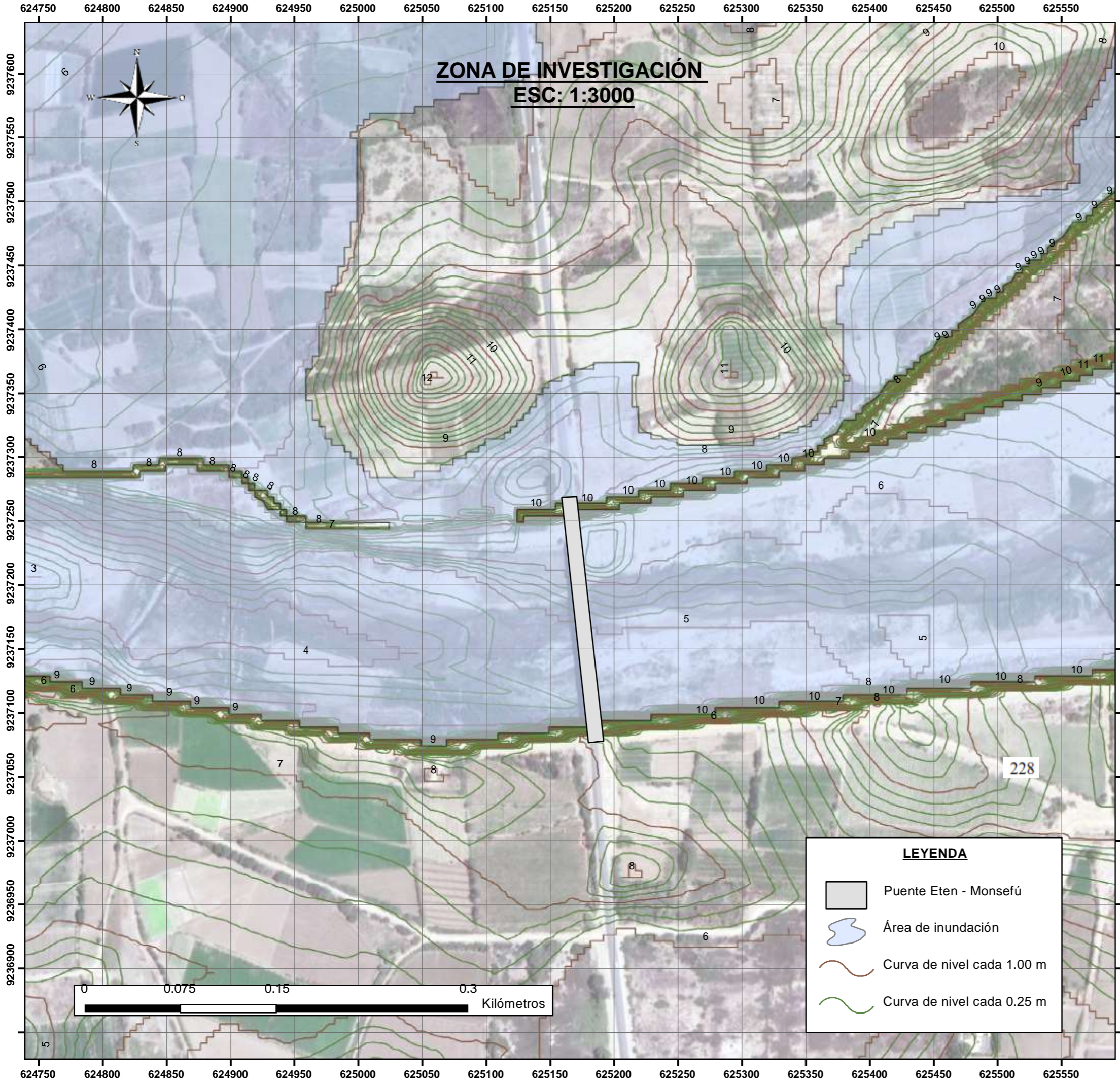


**UBICACIÓN DEL RÍO TRAMO PUENTE ETEN - MONSEFÚ**

COORDENADAS UTM:  
9237155.973 N - 625195.382 E







**ZONA DE INVESTIGACIÓN**  
**ESC: 1:3000**

**UBICACIÓN DE ZONA DE ESTUDIO**



Departamento: Lambayeque







Provincia: Chiclayo



Distrito: Eten - Monsefú

**LEYENDA**

-  Puente Eten - Monsefú
-  Área de inundación
-  Curva de nivel cada 1.00 m
-  Curva de nivel cada 0.25 m

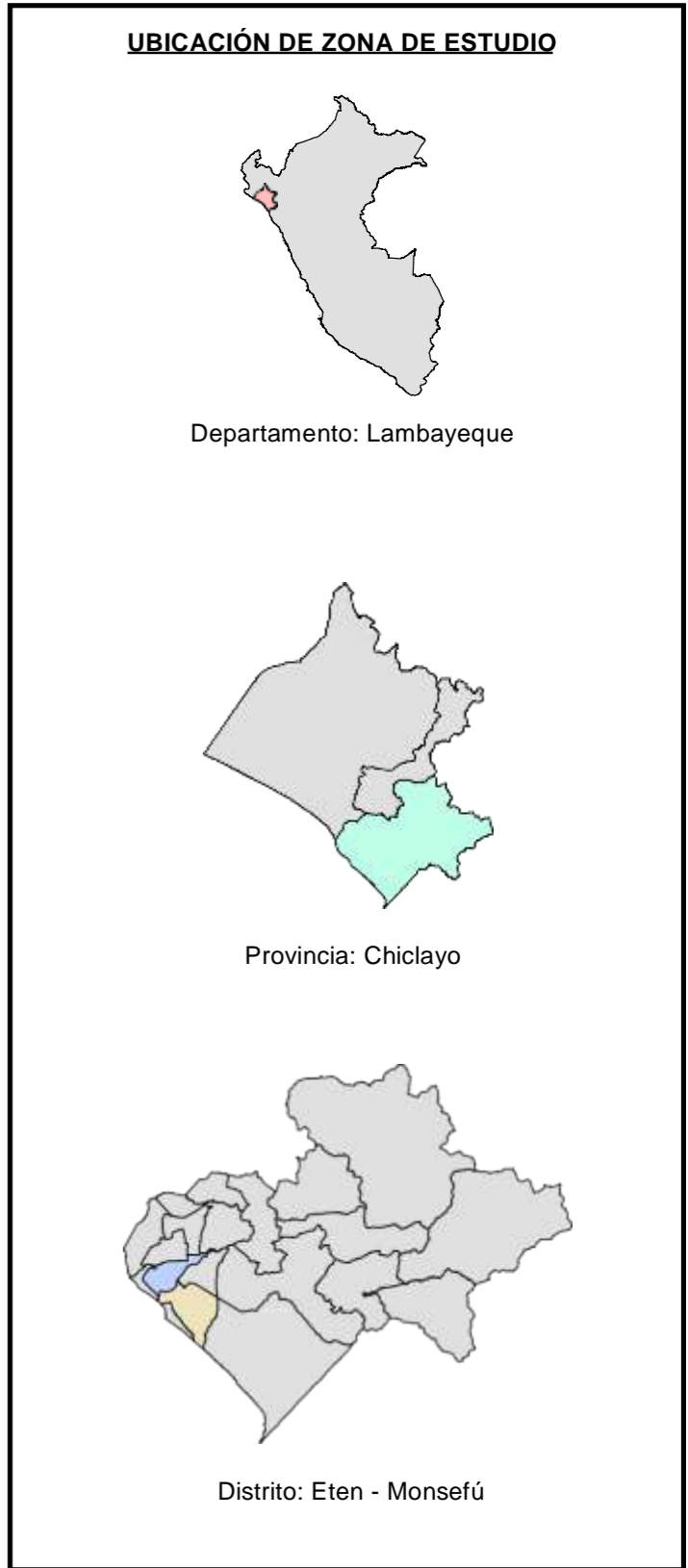
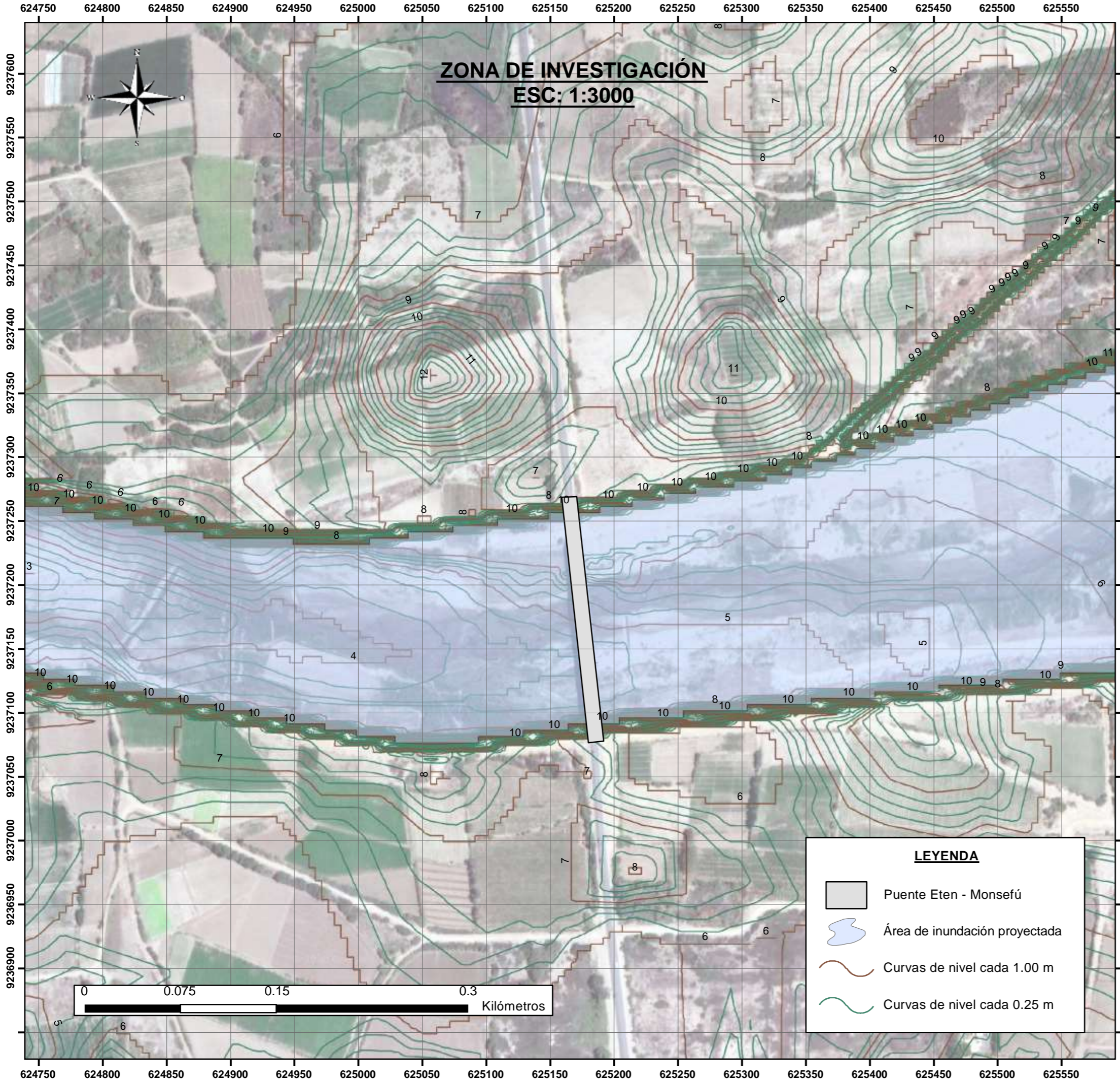
**UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN**



Título: Zona de investigación actual.		
Autores: Bach. Alvítez Vásquez, Flavio César. Bach. Vela Llanos, Jerónimo Melquisedec.		
Escala: 1/3000	Fecha: Agosto de 2020	Coordenada UTM: 9237155.973 N - 625195.382 E

Mapa N°:

**M-06**



**LEYENDA**

- Puente Eten - Monsefú
- Área de inundación proyectada
- Curvas de nivel cada 1.00 m
- Curvas de nivel cada 0.25 m

<b>UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN</b>		
Título: Zona de investigación proyectada.		
Autores: Bach. Alvítez Vásquez, Flavio César. Bach. Vela Llanos, Jerónimo Melquisedec.		<b>Mapa N°:</b>  <b>M-07</b>
Escala: 1/3000	Fecha: Agosto de 2020	Coordenada UTM: 9237155.973 N - 625195.382 E